BAB 3
ANALISIS DAN PERANCANGAN

3.1 Analisis

Analisis dalam pengertiannya secara sistem yaitu prosedur atau proses sistematis yang memungkinkan pengombinasian pertimbangan para pakar dari berbagai bidang ilmu sehingga diperoleh hasil yang sempurna dari kegunaan tiap disiplin. Analisis merupakan pengamatan mengenai suatu kegiatan, metode, prosedur, atau teknik untuk menentukan manfaat kegiatan tersebut dan cara terbaik untuk memperolehnya [14].

3.1.1 Analisis Masalah

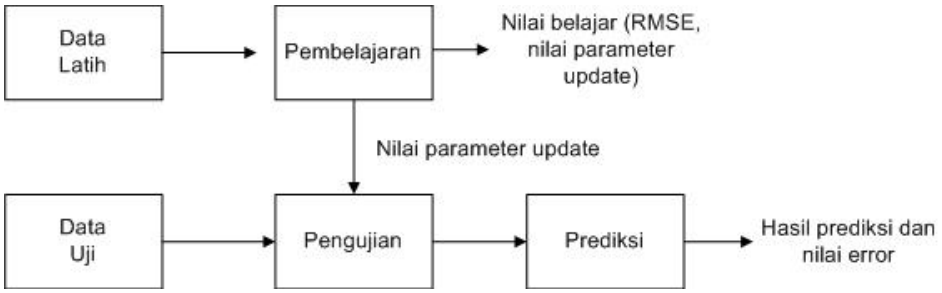
Lahan pertanian merupakan aspek yang paling penting dalam menunjang hasil produksi pertanian. Tingkat produksi hasil pertanian tersebut sangat bergantung terhadap keberadaan lahannya, akan tetapi seiring dengan perkembangan ekonomi dan meningkatnya kepadatan jumlah penduduk, luas lahan pertanian banyak yang dikonversi ke sektor lain. Peralihan pada pemanfaatan lahan ini memang tidak dapat dihindari akan tetapi harus dikendalikan, oleh karena itu adanya klasifikasi untuk menentukan tingkat potensi luas lahan pertanian sangat penting untuk dilakukan. Klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian dapat digunakan sebagai bahan referensi kebijakan agar suatu wilayah terhindar dari krisis produksi pertanian yang dapat mengarah kepada kerawanan pangan. Sistem yang dibangun ini akan mengimplementasikan parameter-parameter pada penentuan potensi luas lahan pertanian kedalam metode ANFIS agar menghasilkan suatu klasifikasi dengan ukuran perfromansi berupa tingkat keakurasian yang baik dengan *error rate* yang kecil.

Dalam mengimplementasikan sistem penentuan tingkat potensi lahan pertanian yang baik tentu memerlukan suatu sistem dengan kriteria berupa tingkat keakurasian yang tinggi ketika mengolah data faktor-faktor pendukung adanya perbedaan potensi luas lahan ataupun dalam proses pembelajaran dari sistem yang

akan digunakan tersebut. Algoritma ANFIS memiliki keunggulan yaitu teknik pembelajaran dari jaringan syaraf tiruan untuk mengoptimasi proses dan metode pengecekan *backpropagation* agar hasilnya menjadi lebih akurat. Oleh karena itu, algoritma ANFIS ini diharapkan dapat memberikan hasil yang baik dalam mengklasifikasikan tingkat potensi luas lahan petanian.

3.1.2 Analisis Sistem

Pembangunan sistem klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian akan dilakukan melalui beberapa tahapan yang melibatkan data masukan berupa data parameter yang akan digunakan untuk menghasilkan suatu klasifikasi atau output. Data parameter tersebut akan dibagi dua menjadi data latih dan data uji. Berikut adalah gambarannya



Gambar 3.1 Flowchart Analisis sistem

Berdasarkan gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa dari sejumlah data yang ada, sebagian akan digunakan sebagai data latih untuk memperoleh nilai parameter optimum berdasarkan maksimal epoh yang ditentukan. Nilai parameter yang sudah dilatih itu nantinya akan dipakai dipakai pada pengujian sehingga pada pengujian tidak perlu lagi dilakukan iterasi dan akan langsung menghasilkan keluaran berupa hasil klasifikasi dengan tingkat keakuratan dan *error* rate yang kecil.

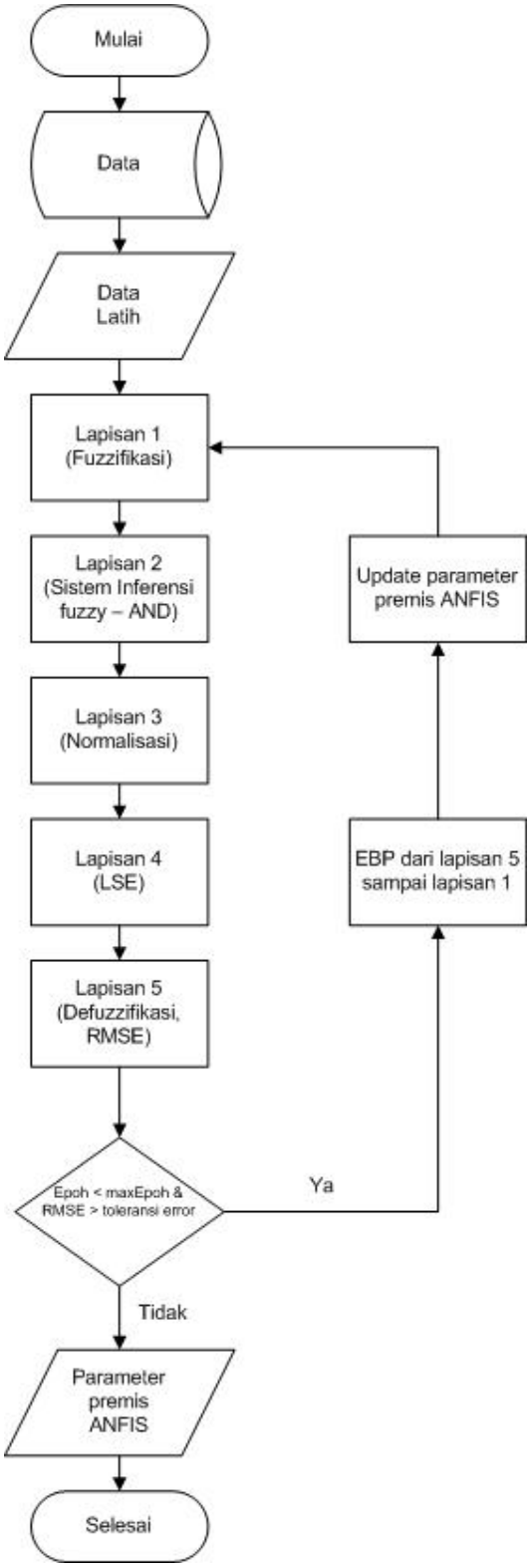
3.1.3 Analisis Kebutuhan Data

Data masukan yang digunakan dalam proses pembelajaran dan pengujian agar sistem ini dapat berjalan adalah :

1. Data luas wilayah per Kecamatan yang didapat dari data publikasi BPS untuk daerah Kabupaten Cianjur dan Sukabumi
2. Data luas lahan potensial dan penggunaan lahan oleh sektor pertanian dan non-pertanian dari Departemen Pertanian dan Kehutanan
3. Data tingkat kecenderungan peralihan lahan dari pejabat terkait di lingkungan Departemen Pertanian dan Kehutanan.
4. Data kategori tingkat potensi luas lahan sebagai hasil dari olahan sensus tahunan yang dilakukan oleh BPS dengan Departemen Pertanian dan Kehutanan.
5. Penentuan nilai a dan c sebagai parameter premis untuk persamaan metode *g-bell* dalam menentukan *membership function* diambil berdasarkan selisih dari nilai terkecil dengan nilai terbesar yang ada pada setiap kategori atau clusternya. Contohnya pada kategori output yang bernilai 1, ada 3 data untuk setiap parameternya, maka dari setiap parameter tersebut dihitung selisihnya antara nilai terbesar dengan nilai terkecilnya untuk kemudian dibagi dua yang hasilnya akan menjadi nilai a, sedangkan untuk nilai c nya dihitung berdasarkan nilai tengah yang ada diantara nilai terkecil dengan nilai terbesar.

3.1.4 Analisis Metode

Penelitian ini dilakukan untuk membangun sebuah sistem analisis yang dapat menghasilkan klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian pada suatu wilayah dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Pada metode ANFIS terdapat beberapa tahapan analisis berupa lapisan – lapisan pengolahan data, berikut tahapan dalam metode ANFIS tersebut :

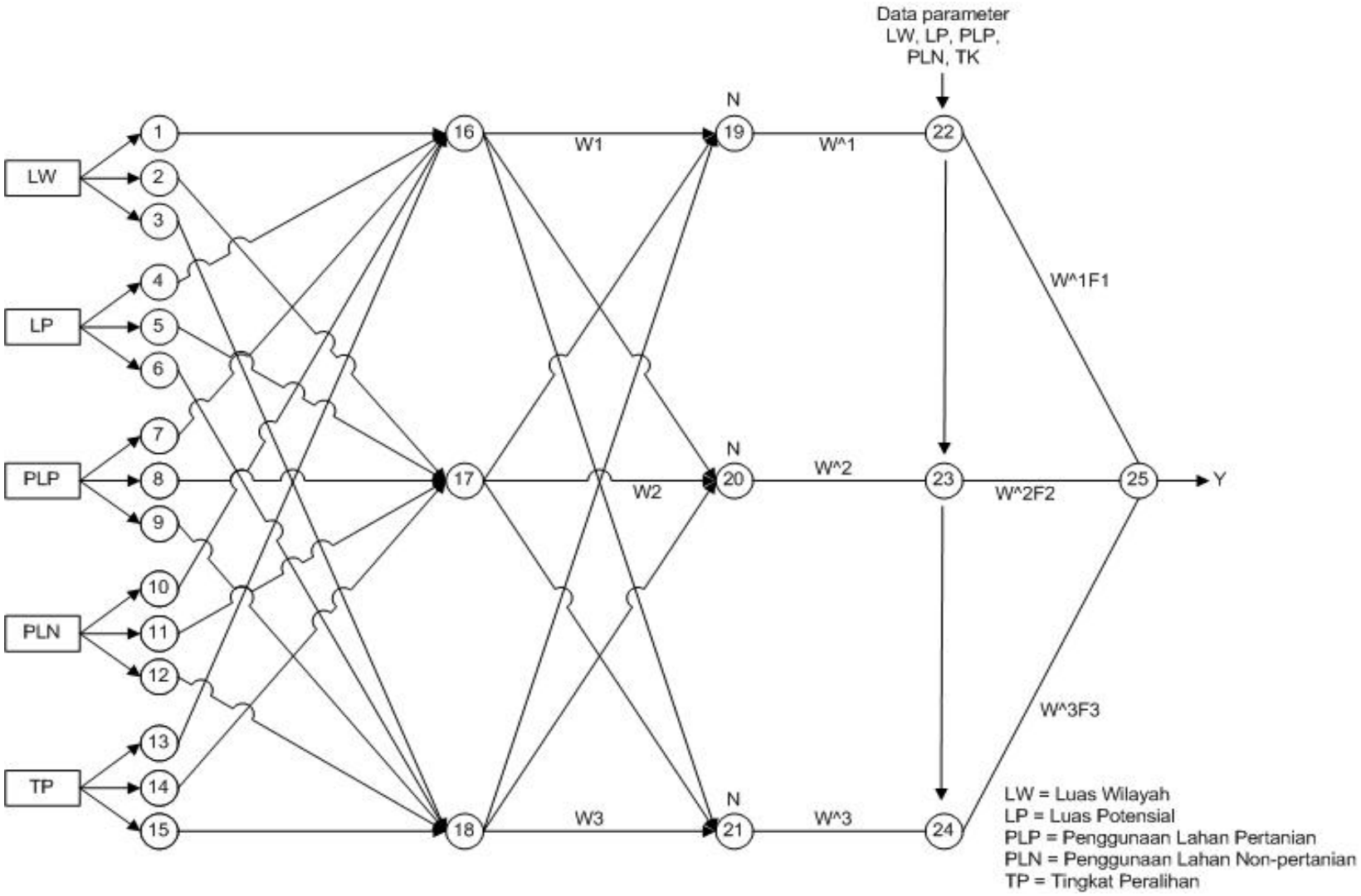


Gambar 3.2 Flowchart Metode ANFIS

Berdasarkan gambar 3.2 terdapat data input parameter yang harus dimasukkan ke dalam sistem sebagai data pembelajaran yaitu data luas wilayah, luas lahan potensial, penggunaan lahan pertanian, penggunaan lahan non-pertanian dan tingkat kecenderungan peralihan lahan. Apabila data input benar, maka dilanjutkan ke dalam proses *fuzzifikasi*, pada proses ini data masukan diubah kepada fungsi keanggotaan fuzzy dengan mengubah angka – angka yang ada pada skala 0 sampai 1. Proses selanjutnya adalah mesin inferensi, pada proses ini dilakukan penalaran pada data masukan guna penentuan nilai keluaran sebagai bentuk pengambil keputusan. Proses terakhir adalah *defuzzifikasi,* dalam proses ini dilakukan suatu pemetaan himpunan fuzzy ke dalam himpunan tegas (*crips*) untuk menghasilkan *output*. Setelah lapisan 1-5 selesai dikerjakan, terdapat pengecekan apakah iterasi sudah melebihi batas iterasi dan rmse sudah melebihi batas toleransi *error*, jika keduanya bernilai benar maka proses diulang kembali ke perhitungan lapisan 1, jika keduanya atau salah satu mengeluarkan nilai salah maka proses selanjutnya adalah menghitung nilai parameter premis yang baru.

3.1.5 Arsitektur Metode ANFIS

Proses klasifikasi ANFIS menggunakan beberapa variable atau parameter data yaitu luas wilayah, luas lahan potensial, penggunaan lahan pertanian dan non-pertanian, serta tingkat kcenderungan peralihan lahan yang akan diimplementasikan terhadap model jaringan syaraf tiruan. Berikut adalah alur arsitektur metode ANFIS yang akan digunakan pada penelitian ini



Gambar 3.3 Arsitektur ANFIS

Mengacu pada struktur ANFIS di gambar 3.2 dapat dijelaskan bahwa setiap parameter pendukung untuk menghasilkan klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian memiliki tiga kategori yaitu kecil, sedang dan luas pada luas wilayah, luas lahan potensial, luas lahan pertanian dan non pertanian, serta tiga kategori rendah, besar dan tinggi pada tingkat kecenderungan peralihan lahan yang akan diolah pada lapisan 1, kemudian dihitung pembobotan untuk tiap kategorinya pada lapisan 2, kemudian dihitung rata-rata bobot pada lapisan 3, kemudian menghitung nilai pembelajaran menggunakan LSE pada lapisan 4 dan menghitung nilai akhir pada lapisan 5. Yang nantinya akan menghasilkan target keluaran untuk potensi luas lahan pertanian 1. Kurang berkelanjutan, 2. Cukup berkelanjutan dan 3. Berkelanjutan.

Sample data yang digunakan sebanyak 9 data kecamatan yang terdiri dari 3 data kecamatan tingkat potensi lahan berkelanjutan, 3 data tingkat potensi lahan cukup berkelanjutan dan 3 data tingkat potensi lahan kurang berkelanjutan.. Yang ditampilkan pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Ilustrasi Tabel Input dan Output

No.	Kecamatan	Luas Wilayah (km2)	Luas Lahan Potensial (ha)	Penggunaan Lahan (ha)		Tingkat Peralihan (%)	Target Output
				Pertanian	Non-Pertanian		
1	Warungkondang	4515	4666	2626	2040	8	1
2	Ciranjang	3481	2815	2013	802	28	1
3	Cianjur	2614	2308	1432	876	11	1
4	Campaka	14374	14009	10964	3045	12	2
5	Cilaku	5252	6046	4471	1575	15	2
6	Cikalongkulon	14402	16552	9661	6891	6	2
7	Naringgul	28132	24377	23409	968	5	3
8	Cugenang	7615	6565	6112	453	0	3
9	Sukaresmi	9215	12007	11396	611	4	3

Keterangan :

Target Output

1 = Kurang Berkelanjutan

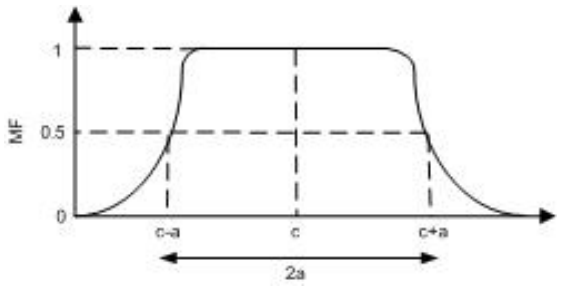
2 = Cukup Berkelanjutan

3 = Berkelanjutan

Parameter premis akan diinisialisasi berdasarkan data masukan yang ada pada tabel 3.1. Penentuan parameter premis merupakan langkah awal atau lapisan pertama dalam penghitungan metode ANFIS.

1. Lapisan 1

Pada lapisan pertama terjadi proses fuzifikasi. Proses ini adalah untuk memetakan inputan data kedalam himpunan *fuzzy*. Dalam proses ini akan dilakukan perhitungan fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk mentransformasi masukan himpunan klasik ke derajat tertentu. Fungsi Keanggotaan yang digunakan adalah jenis *Generalized-Bell*. Parameter premis akan diinisialisasi berdasarkan data masukan yang ada pada tabel 3.1 untuk direpresentasikan kedalam kurva fungsi keanggotaan, berikut gambaran dari kurva fungsi keanggotaan yang akan digunakan.



Gambar 3.4 Kurva fungsi keanggotaan

Berdasarkan gambar 3.3 dan sampel data pada tabel 3.1 maka parameter premis yang akan digunakan dalam perhitungan metode ANFIS ini dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Parameter Premis

		Luas Wilayah (LW)	Luas Lahan Potensial (LP)	Penggunaan Lahan Pertanian (PLP)	Penggunaan Lahan Non-pertanian (PLN)	Tingkat Peralihan (TP)
Kecil	**a**	10258,5	8906	8648,5	257,5	5
	b	1	1	1	1	1
	c	17873,5	15471	14760,5	710,5	5
Sedang	**a**	4575	5253	3246,5	2658	5
	b	1	1	1	1	1
	c	9827	11299	7717,5	4233	15
Besar	**a**	950,5	1179	597	619	5
	b	1	1	1	1	1
	c	3564,5	3487	2029	1421	25

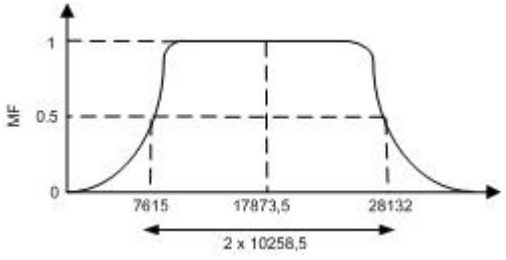
Setelah penentuan parameter premis selesai maka langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *membership function* dari setiap parameternya yaitu luas wilayah, luas lahan potensial, penggunaan lahan pertanian, penggunaan lahan non-pertanian dan tingkat kecenderungan peralihan dengan menggunakan persamaan 2.1. berikut perhitungannya :

A. Luas Wilayah (LW)

Data ke 1 : Kecamatan Warungkondang

Luas wilayah (x) = 4515

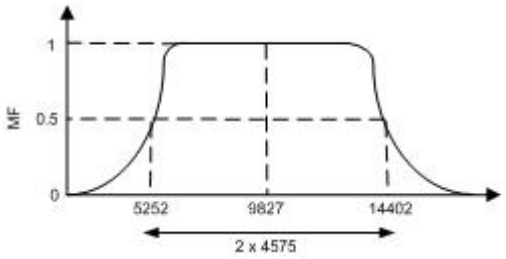
Dari parameter luas wilayah akan dihitung nilai keanggotaan untuk setiap clusternya, mulai dari cluster nilai keanggotaan kecil, sedang dan besar. Perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 3.5 Kurva keanggotaan luas wilayah kecil

Kecil (K) : gbell (x; 10258.5; 1; 17873.5)

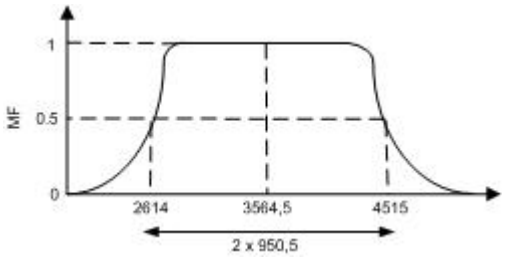
$$\mu_K(4515) = gbell(4515,10258.5,1,17873.5) = \frac{1}{1+\left|\frac{4515-17878.5}{10258.5}\right|^2} = 0.3709$$



Gambar 3.6 Kurva keanggotaan luas wilayah sedang

Sedang (S) : gbell (x; 4575; 1;9827)

$$\mu_S(4515) = gbell(4515,4575,1,9827) = \frac{1}{1+\left|\frac{4515-9827.5}{4575}\right|^2} = 0.4258$$



Gambar 3.7 Kurva keanggotaan luas wilayah besar

Besar (B) : gbell (x; 950,5; 1; 15806,5)

$$\mu_T(4515) = gbell(4515,12325.5,1,3564.5) = \frac{1}{1+\left|\frac{4515-3564.5}{950.5}\right|^2} = 0.5$$

Dengan langkah yang sama terhadap data yang lain, didapatkan hasil pada tabel 3.3 sebagai berikut :

Tabel 3.3 *Output* Lapisan 1 (Luas Wilayah)

Data ke-	Luas Wilayah (LW)		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	0,3709619	0,42587	0,5
2	0,3368862	0,341991	0,992342
3	0,3112694	0,286886	0,5

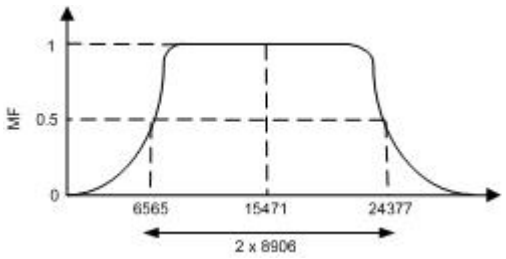
4	0,8957597	0,503069	0,007673
5	0,397812	0,5	0,240849
6	0,8972504	0,5	0,007633
7	0,5	0,058793	0,001495
8	0,5	0,810524	0,052192
9	0,5839792	0,98242	0,027518

B. Luas Potensial (LP)

Data ke 1 : Kecamatan Warungkondang

Luas potensial (x) = 4666

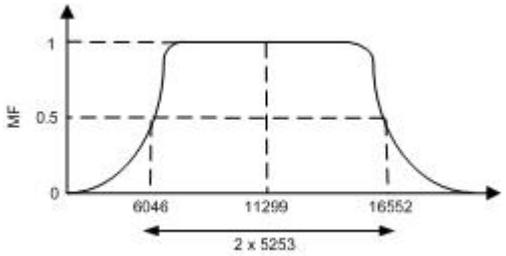
Dari parameter luas potensial akan dihitung nilai keanggotaan untuk setiap clusternya, mulai dari cluster nilai keanggotaan kecil, sedang dan besar. Perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 3.8 Kurva keanggotaan luas potensial kecil

Kecil (K) : gbell (x; 8906; 1; 15471)

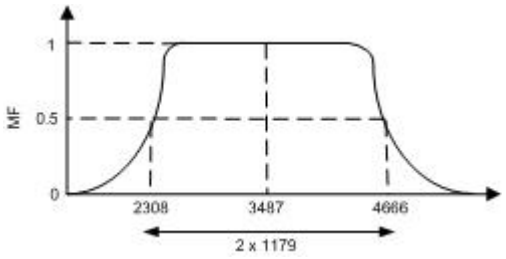
$$\mu_K(4666) = gbell(4666,8906,1,15471) = \frac{1}{1+\left|\frac{4666-15471}{8906}\right|^2} = 0.4045$$



Gambar 3.9 Kurva keanggotaan luas potensial sedang

Sedang (S) : gbell (x; 5253; 1; 11299)

$$\mu_S(4666) = gbell(4666,5253,1,11299) = \frac{1}{1+\left|\frac{4666-5253}{11299}\right|^2} = 0.3854$$



Gambar 3.10 Kurva keanggotaan luas potensial besar

Besar (B) : gbell (x; 1179; 1; 3487)

$$\mu_T(4666) = gbell(4666,1179,1,3487) = \frac{1}{1+\left|\frac{4666-1179}{3487}\right|^2} = 0.5$$

Dengan langkah yang sama terhadap data yang lain, didapatkan hasil pada tabel 3.4 sebagai berikut :

Tabel 3.4 *Output* Lapisan 1 (Luas Potensial)

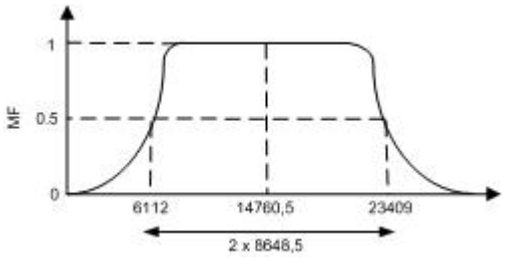
Data ke-	Luas Potensial (LP)		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	0,404544	0,385441	0,5
2	0,331189	0,277125	0,75479
3	0,314025	0,254482	0,5
4	0,973759	0,789797	0,0124
5	0,47171	0,5	0,175101
6	0,985481	0,5	0,008078
7	0,5	0,138923	0,003175
8	0,5	0,551828	0,127948
9	0,868596	0,982158	0,018789

C. Penggunaan Lahan Pertanian (PLP)

Data ke 1 : Kecamatan Warungkondang

Penggunaan lahan pertanian (x) = 2626

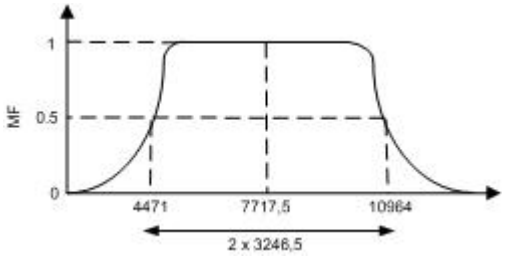
Dari parameter penggunaan lahan pertanian akan dihitung nilai keanggotaan untuk setiap clusternya, mulai dari cluster nilai keanggotaan kecil, sedang dan besar. Perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 3.11 Kurva keanggotaan penggunaan lahan pertanian kecil

Kecil (K) : gbell (x; 8648.5; 1; 14760.5)

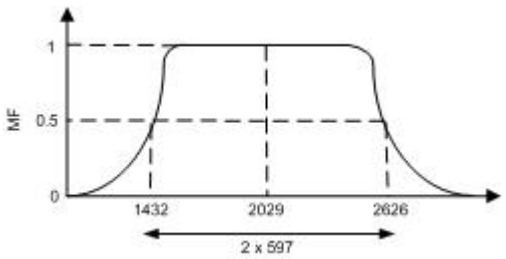
$$\mu_K\ (2626) = gbell(2626,8648.5,1,14760.5) = \frac{1}{1+\left|\frac{2626-8648.5}{14760.5}\right|^2} = 0.3369$$



Gambar 3.12 Kurva keanggotaan penggunaan lahan pertanian sedang

Sedang (S) : gbell (x; 3246.5; 1; 7717.5)

$$\mu_S\ (2626) = gbell(2626,3246.5,1,7717.5) = \frac{1}{1+\left|\frac{2626-7717.5}{3246.5}\right|^2} = 0.2891$$



Gambar 3.13 Kurva keanggotaan penggunaan lahan pertanian besar

Besar (B) : gbell (x; 597; 1; 2029)

$$\mu_T\ (2626) = gbell(2626,597,1,2029) = \frac{1}{1+\left|\frac{2626-597}{2029}\right|^2} = 0.5$$

Dengan langkah yang sama terhadap data yang lain, didapatkan hasil pada tabel 3.5 sebagai berikut :

Tabel 3.5 *Output* Lapisan 1 (Penggunaan Lahan Pertanian)

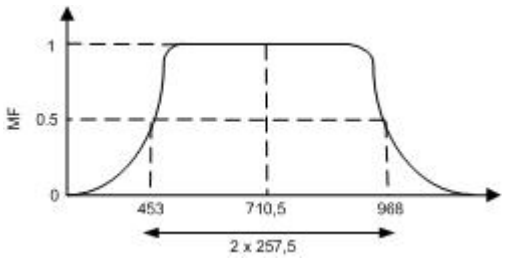
Data ke-	Penggunaan Lahan Pertanian (PLP)		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	0,336857	0,289053	0,5
2	0,315205	0,244649	0,999282
3	0,296288	0,210596	0,5
4	0,838433	0,5	0,004445
5	0,413995	0,5	0,056396
6	0,742019	0,736173	0,006082
7	0,5	0,041049	0,000779
8	0,5	0,803495	0,020932
9	0,868552	0,437859	0,004046

D. Penggunaan Lahan Non-pertanian (PLN)

Data ke 1 : Kecamatan Warungkondang

Penggunaan lahan non-pertanian (x) = 2040

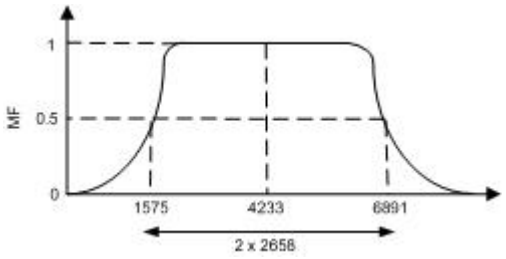
Dari parameter penggunaan lahan non-pertanian akan dihitung nilai keanggotaan untuk setiap clusternya, mulai dari cluster nilai keanggotaan kecil, sedang dan besar. Perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 3.14 Kurva keanggotaan penggunaan lahan non-pertanian kecil

Kecil (K) : gbell (x; 257,5; 1; 710,5)

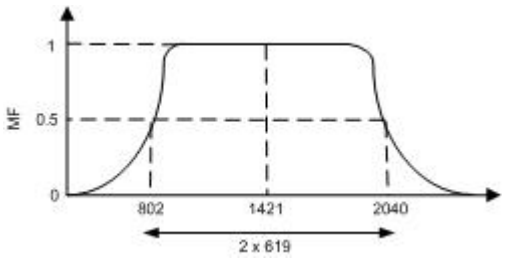
$$\mu_K(2040) = gbell(2040,257.5,1,710.5) = \frac{1}{1+\left|\frac{2040-257.5}{710.5}\right|^2} = 0.0362$$



Gambar 3.15 Kurva keanggotaan penggunaan lahan non-pertanian sedang

Sedang (S) : gbell (x; 2658; 1; 4233)

$$\mu_S(2040) = gbell(2040,2658,1,4233) = \frac{1}{1+\left|\frac{2040-2658}{4233}\right|^2} = 0.5949$$



Gambar 3.16 Kurva keanggotaan penggunaan lahan non-pertanian besar

Besar (B) : gbell (x; 619; 1; 1421)

$$\mu_T(2040) = gbell(2040,619,1,1421) = \frac{1}{1+\left|\frac{2040-619}{1421}\right|^2} = 0.5$$

Dengan langkah yang sama terhadap data yang lain, didapatkan hasil pada tabel 3.6 sebagai berikut :

Tabel 3.6 *Output* Lapisan 1 (Penggunaan Lahan Non-pertanian)

Data ke-	Penggunaan Lahan Non-pertanian (PLN)		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	0,036156	0,594984	0,5
2	0,887889	0,375063	0,5
3	0,707671	0,385339	0,563318
4	0,01202	0,833495	0,126852
5	0,081491	0,5	0,941712

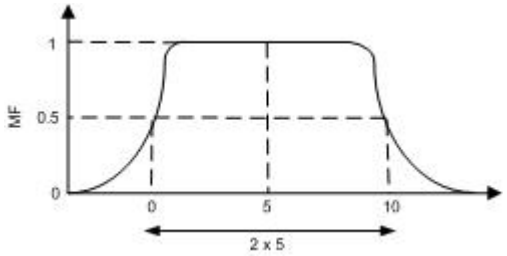
6	0,001733	0,5	0,012644
7	0,5	0,398583	0,651225
8	0,5	0,33086	0,290233
9	0,870087	0,350031	0,368686

E. Tingkat Peralihan (TP)

Data ke 1 : Kecamatan Warungkondang

Tingkat kecenderungan (x) = 8

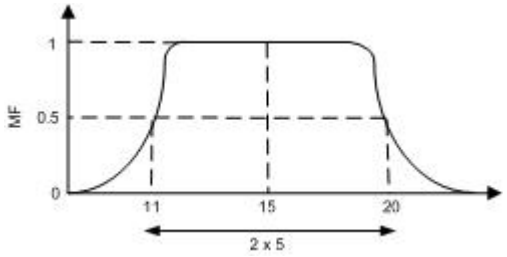
Dari parameter tingkat peralihan akan dihitung nilai keanggotaan untuk setiap clusternya, mulai dari cluster nilai keanggotaan kecil, sedang dan besar. Perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 3.17 Kurva keanggotaan tingkat peralihan kecil

Kecil (K) : gbell (x; 5; 1; 5)

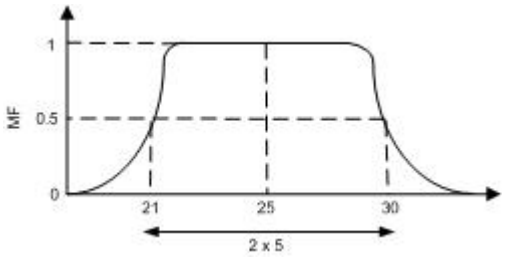
$$\mu_K(8) = gbell(8,5,1,5) = \frac{1}{1+\left|\frac{8-5}{5}\right|^2} = 0.7353$$



Gambar 3.18 Kurva keanggotaan tingkat peralihan sedang

Sedang (S) : gbell (x; 5; 1; 15)

$$\mu_S(8) = gbell(8,5,1,15) = \frac{1}{1+\left|\frac{8-15}{5}\right|^2} = 0.3378$$



Gambar 3.19 Kurva keanggotaan tingkat peralihan besar

Besar (B) : gbell (x; 5; 1; 25)

$$\mu_T(8) = gbell(8,5,1,25) = \frac{1}{1+\left|\frac{8-25}{5}\right|^2} = 0.0796$$

Dengan langkah yang sama terhadap data yang lain, didapatkan hasil pada tabel 3.7 sebagai berikut :

Tabel 3.7 *Output* Lapisan 1 (Tingkat Peralihan)

Data ke-	Tingkat Peralihan (TP)		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	0,7352941	0,337838	0,079618
2	0,0451264	0,128866	0,735294
3	0,4098361	0,609756	0,113122
4	0,3378378	0,735294	0,128866
5	0,2	1	0,2
6	0,9615385	0,235849	0,064767
7	1	0,2	0,058824
8	0,5	0,1	0,038462
9	0,9615385	0,171233	0,053648

Setelah semua data parameter diubah nilainya dari nilai aktual menjadi nilai keanggotaan fuzzy, maka langkah selanjutntya adalah mengkalikan setiap node atau simpul dari setiap parameter tersebut berdasakan domain keanggotaannya. Contoh untuk keanggotaan kecil, maka setiap parameter mulai dari luas wilayah hingga tingkat peralihan dengan domain kecil akan dikalikan untuk kemudian hasilnya akan di masukkan kedalam lapisan 2.

2. Lapisan 2

Output dari lapisan 2 adalah hasil perkalian dari semua sinyal yang masuk. Masing-masing keluaran simpul menyatakan derajat pengaktifan dari aturan *fuzzy*. Pada lapisan 2 ini akan dihitung nilai W1,W2,W3 dari setiap nilai keanggotaan yang didapat dari tabel 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, dan 3.7 dengan menggunakan persamaan 2.2 Data perhitungan untuk lapisan ke 2 pada data ke 1 yaitu sebagai berikut :

$$W_1 = \mu_{LW_k} * \mu_{LP_k} * \mu_{PLP_k} * \mu_{PLN_k} * \mu_{TP_k} = 0.3709 * 0.4045 * 0.3369 * 0.0362 * 0.7353 = 0.00134$$

$$W_2 = \mu_{LW_s} * \mu_{LP_s} * \mu_{PLP_s} * \mu_{PLN_s} * \mu_{TP_s} = 0.4259 * 0.3854 * 0.2891 * 0.5949 * 0.3378 = 0.00954$$

$$W_3 = \mu_{LW_b} * \mu_{LP_b} * \mu_{PLP_b} * \mu_{PLN_b} * \mu_{TP_b} = 0.5 * 0.5 * 0.5 * 0.5 * 0.0796 = 0.00498$$

Hal yang sama digunakan terhadap data yang lain, sehingga menghasilkan :

Tabel 3.8 *Output* Lapisan Kedua

Data Ke-	W_1	W_2	W_3
1	0,001343958	0,009537291	0,004976115
2	0,001409096	0,00112067	0,275173706
3	0,008399545	0,003612566	0,007965469
4	0,002969848	0,121752445	6,91227E-09
5	0,001266151	0,0625	0,000447949
6	0,001093194	0,021703228	3,07086E-10
7	0,0625	2,6727E-05	1,41638E-10
8	0,03125	0,011890395	1,56033E-06
9	0,368587025	0,025322486	4,13734E-08

3. Lapisan 3

Setiap node pada lapisan ini adalah node *nonadaptif* yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi, yaitu membagi w_i dengan jumlah total w. Pada langkah ini akan dihitung derajat pengaktifan *firing strength (Wi)* dengan menggunakan hasil dari tabel 3.4 dengan menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut :

Perhitungan untuk data ke-1 :

$$\overline{W_1} = \frac{W_1}{W_1+W_2+W_3} = \frac{0.001344}{0.015857} = 0.08475$$

$$\overline{W_2} = \frac{W_2}{W_1+W_2+W_3} = \frac{0.009537}{0.015857} = 0.60144$$

$$\overline{W_3} = \frac{W_3}{W_1+W_2+W_3} = \frac{0.004976}{0.015857} = 0.31381$$

Hal yang sama dilakukan terhadap data yang lain, sehingga menghasilkan :

Tabel 3.9 *Output* Lapisan Ketiga

Data Ke-	$\overline{W_1}$	$\overline{W_2}$	$\overline{W_3}$
1	0,084752905	0,601442431	0,313804664
2	0,005074104	0,00403549	0,990890405
3	0,420448573	0,180831007	0,39872042
4	2,381168E-02	0,976188261	5,54213E-08
5	0,019717654	0,973306486	0,00697586
6	0,04795465	0,952045336	1,34708E-08
7	0,999572549	0,000427448	2,26523E-09
8	0,724352884	0,275610949	3,61673E-05
9	0,93571487	0,064285025	1,05033E-07

4. Lapisan 4

Pada lapisan 4 ini dilakukan perhitungan pembelajaran arah maju (*forward pass*) dengan metode *Recursive Least Squares Estimator* (RLSE) yang bertujuan untuk mencari nilai $A_1..A_n$, $B_1..B_n$, $C_1..C_n$, $D_1..D_n$, $E_1..E_n$, $F_1..F_n$

Langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut :

Penentuan matriks A :

Nilai dari matriks A ini berisikan hasil dari perhitungan lapisan ke 3 dikalikan dengan variable-variabel masukan *system* yang ada pada tabel 3.1. Berikut ilustrasinya :

Perhitungan data ke-1 (Kecamatan Warungkondang) :

$$A1 = \overline{W_1} * Luas\ Wilayah = 0{,}084753 * 4515 = 382{,}6594$$

$$B1 = \overline{W_1} * Luas\ Potensial = 0{,}084753 * 4666 = 395{,}4571$$

$C1 = \overline{W_1} * Penggunaan\ Lahan\ Pertanian = 0{,}084753 * 2626 = 222{,}5611$

$D1 = \overline{W_1} * Penggunaan\ Lahan\ Non - pertanian = 0{,}084753 * 2040 = 172{,}8959$

$E1 = \overline{W_1} * Tingkat\ Peralihan = 0{,}084753 * 8 = 0{,}6780$

$F1 = \overline{W_1} = 0{,}084753$

$A2 = \overline{W_2} * Luas\ Wilayah = 0{,}601442 * 4515 = 2715{,}5126$

$B2 = \overline{W_2} * Luas\ Potensial = 0{,}601442 * 4666 = 2806{,}3304$

$C2 = \overline{W_2} * Penggunaan\ Lahan\ Pertanian = 0{,}601442 * 2626 = 1579{,}3878$

$D2 = \overline{W_2} * Penggunaan\ Lahan\ Non - pertanian = 0{,}601442 * 2040 = 1226{,}9426$

$E2 = \overline{W_2} * Tingkat\ Peralihan = 0{,}601442 * 8 = 4{,}8115$

$F2 = \overline{W_2} = 0{,}601442$

$A3 = \overline{W_3} * Luas\ Wilayah = 0{,}313805 * 4515 = 1416{,}8281$

$B3 = \overline{W_3} * Luas\ Potensial = 0{,}313805 * 4666 = 1464{,}2126$

$C3 = \overline{W_3} * Penggunaan\ Lahan\ Pertanian = 0{,}313805 * 2626 = 824{,}05$

$D3 = \overline{W_3} * Penggunaan\ Lahan\ Non - pertanian = 0{,}313805 * 2040 = 640{,}16$

$E3 = \overline{W_3} * Tingkat\ Peralihan = 0{,}313805 * 8 = 2{,}51$

$F1 = \overline{W_3} = 0{,}313805$

Perhitungan diatas kemudian dilakukan terhadap semua data dan dimasukkan kedalam bentuk matriks 18 x 9 dengan ilustrasi sebagai berikut :

A=	382,66	395,46	222,56	172,90	.....	824,05	640,16	2,51	0,31
	17,66	14,28	10,21	4,07	.....	1994,66	794,69	27,74	0,99
	1099,05	970,40	602,08	368,31	.....	570,97	349,28	4,39	0,40
	342,27	333,58	261,07	72,51	.....	0,00	0,00	0,00	0,00
	103,56	119,21	88,16	31,06	.....	31,19	10,99	0,10	0,01
	690,64	793,75	463,29	330,46	.....	0,00	0,00	0,00	0,00
	28119,97	24366,58	23398,99	967,59	.....	0,00	0,00	0,00	0,00
	5515,95	4755,38	4427,24	328,13	.....	0,22	0,02	0,00	0,00
	8622,61	11235,13	10663,41	571,72	.....	0,00	0,00	0,00	0,00

Untuk tampilan lengkap matriksnya dapat dilihat pada lampiran halaman A-19.

Dari matriks A diatas akan dicari nilai parameter konsekuen θ(teta) dengan menggunakan metode Least-Squares Estimator (LSE). Jika matriks $A^T.A$ memiliki nilai determinan tidak sama dengan nol maka matriks itu bersifat *non singular*, maka rumus yang digunakan :

$$\Theta = \text{inv}(A^T A)A^T.y$$

Tetapi apabila matriks $A^T.A$ nya memiliki nilai determinan nol maka matriks tersebut bersifat singular dan rumus yang digunakannya sedikit berbeda yaitu :

$$\Theta = \text{inv}(A.A^T)A^T.y$$

Dimana y merupakan target *output* yang diinginkan yaitu :

$$y = [1.1.1.2.2.2.3.3.3]$$

Sehingga didapatkan nilai parameter konsekuen sebagai berikut :

Tabel 3.10 Parameter Konsekuen

Parameter	Nilai
A1	0,005335735
B1	-15588028185
C1	15588028185
D1	15588028185
E1	9,929369749
F1	52,71217967
A2	-0,014914646
B2	0,031035177
C2	-0,014306302
D2	-0,022959548
E2	-6,940911301
F2	102,5780974
A3	-0,000248944
B3	-0,00139811
C3	-0,000271063
D3	-0,001634396
E3	-0,045528174
F3	9,018121287

Selanjutnya nilai $A_1..A_n$, $B_1..B_n$, $C_1..C_n$, $D_1..D_n$, $E_1..E_n$, $F_1..F_n$ yang merupakan hasil dari pembelajaran LSE pada tabel 3.10 digunakan untuk perhitungan pada lapisan ke 4 menggunakan persamaan (2.4). Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.11 *Output* Lapisan Keempat

Data Ke-	$\overline{W_1}f_1$	$\overline{W_2}f_2$	$\overline{W_3}f_3$
1	2,19745972	-0,73431119	-0,56953347
2	0,04771126	-0,00372949	0,46432019
3	4,58546292	-0,13520663	-3,3989927
4	0,85110853	0,95017112	2,13E-05
5	0,36968433	0,39583995	0,98281665
6	4,19378601	-2,28538625	0
7	3,17521253	0,00299403	0
8	2,55822032	0,43540759	0,00637209
9	2,74127161	0,38756835	6,071E-05

5. Lapisan 5

Pada lapisan ini hanya ada satu node tetap yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan yang berasal dari lapisan ke 4. Dengan persamaan (2.5) maka didapat :

Tabel 3.12 *Output* Lapisan Kelima

Data Ke-	$\sum \bar{w}_i f_i$
1	0,89361506
2	0,50830196
3	1,05126359
4	1,80130095
5	1,74834093
6	1,90839976
7	3,17820656
8	3
9	3,12890067

6. Pengukuran Kesalahan

- RMSE (*Root Mean Squared Error)*

RMSE merupakan metode alternative untuk mengevaluasi teknik peramalan, RMSE adalah rata-rata kuadrat dari perbedaan nilai estimasi dengan nilai observasi suatu variable. Jika Nilai RMSE semakin kecil maka estimasi mdel atau variable tersebut semakin valid.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_{t-wifi_t})^2}{n}} \qquad \text{...(3.1)}$$

Dengan :

Y = nilai keluaran actual

Wifi = nilai keluaran peramalan

N = jumlah data

Nilai yang akan dimasukan pada persamaan 3.1 untuk menghitung RMSE berasal dari keluaran lapisan 5 metode ANFIS yang ada pada tabel 3.12. Nilai RMSE ini akan menjadi tolak ukur dalam melakukan pembelajaran ANFIS, apabila nilai RMSE keluaran masih lebih besar dari yang ditentukan maka akan dilakukan pembaruan nilai parameter. Berikut adalah contoh perhitungannya :

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{(1-(0{,}89361506))^2+\cdots+(3-(3{,}12890067))^2}{9}}$$

= 0,214810

7. *Error Backpropagation* (EBP)

Untuk melakukan koreksi kesalahan keluaran jaringan digunakan metode *gradient descent* (penurunan gradient) menggunakan algoritma EBP. Prosedur EBP menghitung sinyal kesalahan secara mundur dari lapisan keluaran hingga lapisan masukan yang terdapat pada tahap maju. Terdapan L lapisan dan N(ℓ) simpul serta terdapat P pasangan data antara porses belajar jaringan adaptif, maka untuk mengukur kesalahan (*error measure)* pada tiap pasangan data latih ke-P ($1 \leq P \leq N$), adalah :

$$\boldsymbol{P} = \sum_{K=1}^{N(\ell)} (d_k^p - x_{L,k}^p)^2 \qquad \text{...(3.2)}$$

A. Hitung kesalahan di lapisan ke-5

Propagasi *error* yang menuju pada lapisan ke-5 dapat menggunakan rumus persamaan (2.6), hasil dari perhitungan ini dapat dilihat pada tabel 3.13 berikut :

Tabel 3.13 Hasil Kesalahan Lapisan 5

Data Ke-	$\varepsilon_{5,i}$
1	-0,21276988
2	-0,98339608
3	0,10252718
4	-0,3973981
5	-0,50331814
6	-0,18320048
7	0,35641312
8	0
9	0,25780134

B. Hitung kesalahan di lapisan ke-4

Pada lapisan 4 tidak dilakukan perhitungan kesalahan, dikarenakan pada alur mundur tidak terjadi update nilai parameter konsekuen yang terdapat pada lapisan 4, sehingga hasil nya merupakan nilai tetap dari tabel kesalahan lapisan 5 sebagai berikut :

Tabel 3.14 Hasil Kesalahan Lapisan 4

Data Ke-	$\varepsilon_{4,1}$	$\varepsilon_{4,2}$	$\varepsilon_{4,3}$
1	-0,21276988	-0,21276988	-0,21276988
2	-0,98339608	-0,98339608	-0,98339608
3	0,10252718	0,10252718	0,10252718
4	-0,3973981	-0,3973981	-0,3973981
5	-0,50331814	-0,50331814	-0,50331814
6	-0,18320048	-0,18320048	-0,18320048
7	0,35641312	0,35641312	0,35641312
8	0	0	0
9	0,25780134	0,25780134	0,25780134

C. Hitung kesalahan di lapisan ke-3

Propagansi *error* yang menuju pada lapisan ke-3 dapat menggunakan rumus (2.9) s/d (2.10) sehingga menghasilkan :

$$\varepsilon_{3,i} = (A_i LW + B_i LP + C_i PLP + D_i PLN + E_i TP + F_i)\varepsilon_{4,i} \quad ...(3.3)$$

Nilai Ai, Bi, Ci, Di, Ei dan Fi merupakan hasil perhitungan pada lapisan 4, sehingga dari persamaan 3.3 didapatkan hasil seperti pada tabel 3.15 :

Tabel 3.15 Hasil Kesalahan Lapisan 3

Data Ke-	$\varepsilon_{3,1}$	$\varepsilon_{3,2}$	$\varepsilon_{3,3}$
1	-5,51665258	0,25977431	0,38616269
2	-9,24673873	0,90882716	-0,46080844
3	1,11817448	-0,07665908	-0,87401867
4	-14,2043161	-0,38680676	-105,822912
5	-9,43667321	-0,20469752	-70,91140443
6	-16,021525	0,43977293	-21,88463781
7	1,13217141	2,49616449	262,24072667
8	0	0	0
9	0,75525518	1,55425957	156,50384038

D. Hitung kesalahan di lapisan ke-2

Propagasi *error* yang menuju pada lapisan ke-2 dapat menggunakan rumus (2.11) s/d (2.12) sehingga menghasilkan :

$$\varepsilon_{2,i} \frac{W_1}{(W_1 + W_2 + W_3)^2} * \varepsilon_{3,i} \quad ...(3.4)$$

Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.4 untuk propagansi *error* pada lapisan ke-2 dapat dilihat pada tabel 3.16

Tabel 3.16 Hasil Kesalahan Lapisan 2

Data Ke-	$\varepsilon_{2,1}$	$\varepsilon_{2,2}$	$\varepsilon_{2,3}$
1	-29,484937	9,85279432	7,64185005
2	-0,16895372	0,01320676	-1,64423815
3	23,53310984	-0,69389557	-17,444011

4	-2,71185598	-3,0274955	-6,803E-05
5	-2,89763231	-3,10264294	-7,7034421
6	-33,702818	18,36621087	0
7	18,09925787	0,01706635	0
8	0	0	0
9	1,79407552	0,2536512	4,035E-05

E. Hitung kesalahan di lapisan ke 1

Propagasi *error* yang menuju pada lapisan ke-1 dapat menggunakan rumus (2.13) s/d (2.16) sehingga menghasilkan :

$$\varepsilon_{1,1} = \varepsilon_{2,1} * (\mu_{LP_k}(LP) * \mu_{PLP_k}(PLP) * \mu_{PLN_k}(PLN) * \mu_{TP_k}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,2} = \varepsilon_{2,2} * (\mu_{LP_s}(LP) * \mu_{PLP_s}(PLP) * \mu_{PLN_s}(PLN) * \mu_{TP_s}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,3} = \varepsilon_{2,3} * (\mu_{LP_b}(LP) * \mu_{PLP_b}(PLP) * \mu_{PLN_b}(PLN) * \mu_{TP_b}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,4} = \varepsilon_{2,1} * (\mu_{LW_k}(LW) * \mu_{PLP_k}(PLP) * \mu_{PLN_k}(PLN) * \mu_{TP_k}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,5} = \varepsilon_{2,2} * (\mu_{LW_s}(LW) * \mu_{PLP_s}(PLP) * \mu_{PLN_s}(PLN) * \mu_{TP_s}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,6} = \varepsilon_{2,3} * (\mu_{LW_b}(LW) * \mu_{PLP_b}(PLP) * \mu_{PLN_b}(PLN) * \mu_{TP_b}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,7} = \varepsilon_{2,1} * (\mu_{LW_k}(LW) * \mu_{LP_k}(LP) * \mu_{PLN_k}(PLN) * \mu_{TP_k}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,8} = \varepsilon_{2,2} * (\mu_{LW_s}(LW) * \mu_{LP_s}(LP) * \mu_{PLN_s}(PLN) * \mu_{TP_s}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,9} = \varepsilon_{2,3} * (\mu_{LW_b}(LW) * \mu_{LP_b}(LP) * \mu_{PLN_b}(PLN) * \mu_{TP_b}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,10} = \varepsilon_{2,1} * (\mu_{LW_k}(LW) * \mu_{LP_k}(LP) * \mu_{PLP_k}(PLP) * \mu_{TP_k}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,11} = \varepsilon_{2,2} * (\mu_{LW_s}(LW) * \mu_{LP_s}(LP) * \mu_{PLP_s}(PLP) * \mu_{TP_s}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,12} = \varepsilon_{2,3} * (\mu_{LW_b}(LW) * \mu_{LP_b}(LP) * \mu_{PLP_b}(PLP) * \mu_{TP_b}(TP))$$

$$\varepsilon_{1,13} = \varepsilon_{2,1} * (\mu_{LW_k}(LW) * \mu_{LP_k}(LP) * \mu_{PLP_k}(PLP) * \mu_{PLN_k}(PLN))$$

$$\varepsilon_{1,14} = \varepsilon_{2,2} * (\mu_{LW_s}(LW) * \mu_{LP_s}(LP) * \mu_{PLP_s}(PLP) * \mu_{PLN_s}(PLN))$$

$$\varepsilon_{1,15} = \varepsilon_{2,3} * (\mu_{LW_b}(LW) * \mu_{LP_b}(LP) * \mu_{PLP_b}(PLP) * \mu_{PLN_b}(PLN))$$

Dengan :

$\varepsilon 2.i$ = nilai eror lapisan 2 ke-i

μ_k = nilai lapisan ke-1 data ke-i setiap parameter yang merupakan kategori kecil

μ_s = nilai lapisan ke-1 data ke-i setiap parameter yang merupakan kategori sedang

μ_b = nilai lapisan ke-1 data ke-i setiap parameter yang merupakan kategori besar

Berdasarkan rumus-rumus pada lapisan ke-1 dapat dilihat hasil dari propagansi *error* lapisan ke-1 pada tabel 3.17 sebagai berikut :

Tabel 3.17 Hasil Kesalahan Lapisan 1

Data Ke-	$\varepsilon_{1,1}$	$\varepsilon_{1,2}$	$\varepsilon_{1,3}$	$\varepsilon_{1,4}$	$\varepsilon_{1,5}$	$\varepsilon_{1,6}$	$\varepsilon_{1,7}$	$\varepsilon_{1,8}$	$\varepsilon_{1,9}$	$\varepsilon_{1,10}$	$\varepsilon_{1,11}$	$\varepsilon_{1,12}$	$\varepsilon_{1,13}$	$\varepsilon_{1,14}$	$\varepsilon_{1,15}$
1	-20,0055	149,3151	-2,62333	-18,3448	164,9765	-2,62333	-22,031	219,9903	-2,62333	-205,256	106,8748	-2,62333	-10,093	188,2227	-16,4745
2	0,018618	-0,00624	1,358929	0,018938	-0,0077	1,786618	0,019898	-0,00873	1,349491	0,007064	-0,00569	2,697045	0,138987	-0,01657	1,83399
3	47,29597	25,97338	11,18193	46,88097	29,28066	11,18193	49,68743	35,38241	11,18193	20,80317	19,33726	9,925059	35,92116	12,22029	49,42412
4	-0,95166	103,0536	-3,8E-11	-0,87543	65,64105	-2,4E-11	-1,01673	103,6862	-6,6E-11	-70,9184	62,19962	-2,3E-12	-2,52328	70,50661	-2,3E-12
5	-0,59859	110,9528	-0,00806	-0,50482	110,9528	-0,01109	-0,5752	110,9528	-0,03444	-2,92215	110,9528	-0,00206	-1,19064	55,47641	-0,00971
6	-22,2703	878,0781	-5,8E-12	-20,2764	878,0781	-5,5E-12	-26,9293	596,3799	-7,3E-12	-11531,5	878,0781	-3,5E-12	-20,7813	1861,526	-6,8E-13
7	0,177958	4,41E-06	-4,1E-15	0,177958	1,87E-06	-1,9E-15	0,177958	6,31E-06	-7,9E-15	0,177958	6,5E-07	-9,4E-18	0,088979	1,3E-06	-1E-16
8	-325,299	289,0315	-3,6E-06	-325,299	424,5293	-1,5E-06	-325,299	291,5599	-9E-06	-325,299	708,0557	-6,5E-07	-325,299	2342,67	-4,9E-06
9	5,182142	-0,31054	3,19E-12	3,484086	-0,31063	4,67E-12	3,484264	-0,69677	2,17E-11	3,478117	-0,8716	2,38E-13	3,147314	-1,7817	1,64E-12

Selanjutnya, *error* pada lapisan ke-1 tersebut akan digunakan untuk melakukan *update* data parameter ANFIS dengan proses differensial masing-masing parameter premis. Dimana pada perhitungan ini nilai *error* sebelummnya dimasukan. Dengan menggunakan rumus :

$$\mu_i baru = \mu_i lama + \varepsilon_{i,j} \qquad ...(3.5)$$

Sehingga dari persamaan 3.5 akan menghasilkan nilai baru untuk setiap parameter yang dapat dilihat pada tabel 3.18 sampai tabel 3.22 berikut :

Tabel 3.18 Parameter Baru (Luas Wilayah)

Data ke-	Luas Wilayah		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	-19,6346	149,741	-2,12333
2	0,355504	0,335748	2,351271
3	47,60724	26,26027	11,68193
4	-0,0559	103,5566	0,007673
5	-0,20078	111,4528	0,232785
6	-21,3731	878,5781	0,007633
7	0,677958	0,058798	0,001495
8	-324,799	289,842	0,052189
9	5,766121	0,671875	0,027518

Tabel 3.19 Parameter Baru (Luas Potensial)

Data ke-	Luas Potensial		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	-17,9403	165,362	-2,12333
2	0,350127	0,269421	2,541409
3	47,19499	29,53514	11,68193
4	0,098328	66,43085	0,0124
5	-0,03311	111,4528	0,164009
6	-19,291	878,5781	0,008078

7	0,677958	0,138925	0,003175
8	-324,799	425,0811	0,127946
9	4,352682	0,671531	0,018789

Tabel 3.20 Parameter Baru (Penggunaan Lahan Pertanian)

Data ke-	Penggunaan Lahan Pertanian		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	-21,6941	220,2794	-2,12333
2	0,335103	0,235923	2,348773
3	49,98372	35,593	11,68193
4	-0,1783	104,1862	0,004445
5	-0,1612	111,4528	0,021958
6	-26,1873	597,1161	0,006082
7	0,677958	0,041055	0,000779
8	-324,799	292,3634	0,020923
9	4,352815	-0,25891	0,004046

Tabel 3.21 Parameter Baru (Penggunaan Lahan Non-pertanian)

Data ke-	Penggunaan Lahan Non-pertanian		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	-205,219	107,4698	-2,12333
2	0,894953	0,369371	3,197045
3	21,51084	19,72259	10,48838
4	-70,9063	63,03311	0,126852
5	-2,84066	111,4528	0,93965
6	-11531,5	878,5781	0,012644
7	0,677958	0,398584	0,651225
8	-324,799	708,3866	0,290232
9	4,348204	-0,52157	0,368686

Tabel 3.22 Parameter Baru (Tingkat Peralihan)

Data ke-	Tingkat Peralihan		
	Kecil (K)	Sedang (S)	Besar (B)
1	-9,35766	188,5606	-16,3949
2	0,184114	0,112299	2,569285
3	36,331	12,83005	49,53724
4	-2,18544	71,24191	0,128866
5	-0,99064	56,47641	0,190289
6	-19,8198	1861,761	0,064767
7	1,088979	0,200001	0,058824
8	-324,799	2342,77	0,038457
9	4,108852	-1,61047	0,053648

Selanjutnya untuk mendapatkan parameter fungsi keanggotaan Bell yang baru, digunakan rumus dari persamaan fungsi keanggotaan fuzzy sebagai berikut :

$$\frac{d\mu_i}{da} = \frac{2b}{a}\mu_i(1-\mu_i) \qquad ...(3.6)$$

$$\frac{d\mu_i}{db} = \begin{cases} -2ln\left|\frac{x-c}{a}\right|\mu_i(1-\mu_i) & x \neq c \\ x = c \end{cases} \qquad ...(3.7)$$

$$\frac{d\mu_i}{dc} = \begin{cases} -\frac{2b}{x-c}\mu_i(1-\mu_i) & x \neq c \\ x = c \end{cases} \qquad ...(3.8)$$

Sehingga dari persamaan 3.6 sampai 3.8 tersebut akan menghasilkan nilai parameter fungsi keanggotaan Bell yang baru. Hasil perhitungan itu bisa dilihat pada Tabel 3.23 - Tabel 3.25.

Tabel 3.23 Nilai Keanggotaan Bell Baru $\frac{d\mu_i}{da}$

Data ke-	$\frac{d\mu_i}{da}$														
1	4,54938E-05	0,000107	0,000526	5,40957E-05	9,01871E-05	0,000424	5,16585E-05	0,000127	0,000838	0,000271	0,000181	0,000808	0,077855	0,089481	0,029312
2	4,35529E-05	9,84E-05	1,6E-05	4,97424E-05	7,62714E-05	0,000314	4,99163E-05	0,000114	2,4E-06	0,000773	0,000176	0,000808	0,017236	0,044904	0,077855
3	4,17957E-05	8,94E-05	0,000526	4,83749E-05	7,22333E-05	0,000424	4,82168E-05	0,000102	0,000838	0,001607	0,000178	0,000795	0,096748	0,095181	0,04013
4	1,82043E-05	0,000109	1,6E-05	5,73825E-06	6,32087E-05	2,08E-05	3,13264E-05	0,000154	1,48E-05	9,22E-05	0,000104	0,000358	0,089481	0,077855	0,044904
5	4,67042E-05	0,000109	0,000385	5,59622E-05	9,51837E-05	0,000245	5,61029E-05	0,000154	0,000178	0,000581	0,000188	0,000177	0,064	0	0,064
6	1,79738E-05	0,000109	1,59E-05	3,21314E-06	9,51837E-05	1,36E-05	4,42683E-05	0,00012	2,03E-05	1,34E-05	0,000188	4,03E-05	0,014793	0,07209	0,024229
7	4,87401E-05	2,42E-05	3,14E-06	5,61419E-05	4,55448E-05	5,37E-06	5,78135E-05	2,42E-05	2,61E-06	0,001942	0,00018	0,000734	0	0,064	0,022145
8	4,87401E-05	6,71E-05	0,000104	5,61419E-05	9,4161E-05	0,000189	5,78135E-05	9,73E-05	6,87E-05	0,001942	0,000167	0,000666	0,1	0,036	0,014793
9	4,73651E-05	7,55E-06	5,63E-05	2,56315E-05	6,67171E-06	3,13E-05	2,64022E-05	0,000152	1,35E-05	0,000878	0,000171	0,000752	0,014793	0,056765	0,020308

Tabel 3.24 Nilai Keanggotaan Bell Baru $\frac{d\mu_I}{db}$

Data ke-	$\frac{d\mu_i}{db}$														
1	-0,12323	-0,07304	0	-0,09312	-0,11051	0	-0,15131	-0,18495	0	-0,11441	0,092682	0	0,198851	-0,1505398	-0,17935
2	-0,15128	-0,14727	0,036967	-0,15567	-0,19207	0,208093	-0,16748	-0,20833	0,005192	0,205988	-0,11967	0	-0,13152	-0,2145354	0,198851
3	-0,17026	-0,18628	0	-0,16832	-0,20392	0	-0,18036	-0,21967	0	0,182896	-0,1106	0,062639	-0,0882	0,10619562	-0,20659
4	0,200846	0,003069	-0,03702	0,092342	0,219758	-0,05361	0,223056	0	-0,02395	-0,05236	0,223521	-0,21367	-0,15054	0,19885080	-0,21453
5	-0,09932	0	-0,20991	-0,02823	0	-0,22387	-0,0843	0	-0,14992	-0,18131	0	0,152722	-0,22181	0	-0,22181
6	0,199784	0	-0,03687	0,060347	0	-0,03854	0,20224	0,199306	-0,03081	-0,011	0	-0,0544	0,119041	-0,2118685	-0,16173
7	0	-0,15346	-0,00971	0	-0,21822	-0,0182	0	-0,12404	-0,00557	0	-0,09861	0,141827	0	-0,2218009	-0,1535
8	0	0,223209	-0,14342	0	0,051456	-0,21414	0	0,222355	-0,0788	0	-0,15593	-0,18421	0	-0,1977521	-0,11904
9	0,082391	0,069485	-0,0954	0,215559	0,070237	-0,07292	0,215577	-0,0615	-0,02219	0,214963	-0,14081	-0,12519	0,119041	-0,2237840	-0,14572

Tabel 3.25 Nilai Keanggotaan Bell Baru $\frac{d\mu_i}{dc}$

Data ke-	$\frac{d\mu_i}{dc}$														
1	3,49364E-05	9,20575E-05	-0,00053	4,45883E-05	7,14236E-05	-0,00042	3,6818E-05	8,07232E-05	-0,00084	-5,24243E-05	0,00022	-0,00081	-0,12976	0,063915	0,008621
2	3,10431E-05	7,09212E-05	0,000182	3,50036E-05	4,72246E-05	0,000551	3,3866E-05	6,47896E-05	8,97E-05	-0,002175777	0,000137	0,000808	-0,00375	-0,01727	-0,12976
3	2,8098E-05	5,6726E-05	0,000526	3,27301E-05	4,22024E-05	0,000424	3,1287E-05	5,28981E-05	0,000838	-0,002499975	0,000141	0,000903	-0,08062	0,118977	0,014332
4	5,33644E-05	-0,00010996	-1,4E-06	3,49555E-05	-0,00012252	-2,3E-06	7,1362E-05	-0,00015401	-9,9E-07	-1,01742E-05	0,000234	-0,00014	-0,06392	0,129758	0,017271
5	3,79602E-05	0,00010929	-0,00022	5,28806E-05	9,51837E-05	-0,00011	4,7155E-05	0,000154012	-4,4E-05	-0,000173164	0,000188	-0,00071	-0,032	0	0,032
6	5,31137E-05	-0,00010929	-1,4E-06	-2,6472E-05	-9,5184E-05	-1,2E-06	7,5077E-05	-0,00019987	-1,6E-06	-5,59767E-07	-0,00019	-4,6E-06	-0,07396	0,04005	0,006376
7	-4,874E-05	-6,0461E-06	-1,2E-07	-5,6142E-05	-1,8294E-05	-3E-07	-5,781E-05	-5,0172E-06	-7,3E-08	-0,001941748	0,000147	0,001003	0	0,032	0,005536
8	4,87401E-05	0,000138856	-2,4E-05	5,61419E-05	0,000104484	-7,2E-05	5,7813E-05	0,000196687	-1E-05	0,001941748	0,000117	0,000426	0,1	0,012	0,002959
9	5,61177E-05	5,64409E-05	-9,5E-06	6,58989E-05	-4,9501E-05	-4,3E-06	6,7867E-05	-0,00013383	-8,6E-07	0,002272079	0,000126	0,000575	0,073964	0,025802	0,004835

Parameter fungsi keanggotaan fuzzy yang baru adalah fungsi keanggotaan fuzzy yang lama ditambah dengan turunannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$a_{baru_i} = a_{lama_i} + \frac{d\mu_i}{d_a} \quad \text{...(3.9)}$$

$$b_{baru_i} = b_{lama_i} + \frac{d\mu_i}{d_b} \quad \text{...(3.10)}$$

$$c_{baru_i} = c_{lama_i} + \frac{d\mu_i}{d_c} \quad \text{...(3.11)}$$

Sehingga dari persamaan 3.9 sampai 3.11 tersebut akan menghasilkan parameter fungsi keanggotaan fuzzy yang baru. Hasil perhitungan itu dapat dilihat pada Tabel 3.26-Tabel 3.28.

Tabel 3.26 Parameter Keanggotaan *Fuzzy* Yang Baru (a)

Data ke-	a_{baru_i}														
	LW			LP			PLP			PLN			TP		
	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar
1	10258,50005	4575,00011	950,5005	8906,00005	5253,00009	1179,00042	8648,50005	3246,50013	597,00084	257,50027	2658,00018	619,00081	5,07785	5,08948	5,02931
2	10258,50004	4575,00010	950,5	8906,00005	5253,00008	1179,00031	8648,50005	3246,50011	597,00000	257,50077	2658,00018	619,00081	5,01724	5,04490	5,07785
3	10258,50004	4575,00009	950,5005	8906,00005	5253,00007	1179,00042	8648,50005	3246,50010	597,00084	257,50161	2658,00018	619,00079	5,09675	5,09518	5,04013
4	10258,50002	4575,00011	950,5	8906,00001	5253,00006	1179,00002	8648,50003	3246,50015	597,00001	257,50009	2658,00010	619,00036	5,08948	5,07785	5,04490
5	10258,50005	4575,00011	950,5004	8906,00006	5253,00010	1179,00025	8648,50006	3246,50015	597,00018	257,50058	2658,00019	619,00018	5,06400	5,00000	5,06400
6	10258,50002	4575,00011	950,5	8906,00000	5253,00010	1179,00001	8648,50004	3246,50012	597,00002	257,50001	2658,00019	619,00004	5,01479	5,07209	5,02423
7	10258,50005	4575,00002	950,5	8906,00006	5253,00005	1179,00001	8648,50006	3246,50002	597,00000	257,50194	2658,00018	619,00073	5,00000	5,06400	5,02215
8	10258,50005	4575,00007	950,5001	8906,00006	5253,00009	1179,00019	8648,50006	3246,50010	597,00007	257,50194	2658,00017	619,00067	5,10000	5,03600	5,01479
9	10258,50005	4575,00001	950,5001	8906,00003	5253,00001	1179,00003	8648,50003	3246,50015	597,00001	257,50088	2658,00017	619,00075	5,01479	5,05676	5,02031

Tabel 3.27 Parameter Keanggotaan *Fuzzy* Yang Baru (b)

Data ke-	b_{baru_i}														
	LW			LP			PLP			PLN			TP		
	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang
1	0,87677	0,926961	1	0,90688	0,889493	1	0,848694	0,815051	1	0,885588	1,092682	1	1,198851	0,84946	0,820646
2	0,848717	0,85273	1,036967	0,844325	0,807933	1,208093	0,832522	0,791669	1,005192	1,205988	0,88033	1	0,868485	0,785469	1,198851
3	0,829741	0,813716	1	0,831683	0,796079	1	0,819638	0,780334	1	1,182896	0,889402	1,062639	0,911804	1,106196	0,793406
4	1,200846	1,003069	0,962979	1,092342	1,219758	0,946392	1,223056	1	0,976055	0,947639	1,223521	0,786334	0,84946	1,198851	0,785469
5	0,900682	1	0,790093	0,97177	1	0,776132	0,915701	1	0,850076	0,818694	1	1,152722	0,778193	1	0,778193
6	1,199784	1	0,963128	1,060347	1	0,961456	1,20224	1,199306	0,969194	0,989005	1	0,945596	1,119041	0,788133	0,838272
7	1	0,846544	0,990293	1	0,781775	0,981803	1	0,875962	0,994429	1	0,901388	1,141827	1	0,778193	0,8465
8	1	1,223209	0,856581	1	1,051456	0,785858	1	1,222355	0,921196	1	0,844074	0,815786	1	0,80225	0,880959
9	1,082391	1,069485	0,904598	1,215559	1,070237	0,927075	1,215577	0,938501	0,977815	1,214963	0,859193	0,87481	1,119041	0,776217	0,854282

Tabel 3.28 Parameter Keanggotaan *Fuzzy* Yang Baru (c)

Data ke-	c_{baru_i}														
	LW			LP			PLP			PLN			TP		
	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang
1	17873,5	9827	3564,499	15471	11299	3487	14760,5	7717,5	2028,999	710,4999	4233	1420,999	4,870242	15,06392	25,00862
2	17873,5	9827	3564,5	15471	11299	3487,001	14760,5	7717,5	2029	710,4978	4233	1421,001	4,996253	14,98273	24,87024
3	17873,5	9827	3564,501	15471	11299	3487	14760,5	7717,5	2029,001	710,4975	4233	1421,001	4,919377	15,11898	25,01433
4	17873,5	9827	3564,5	15471	11299	3487	14760,5	7717,5	2029	710,5	4233	1421	4,936085	15,12976	25,01727
5	17873,5	9827	3564,5	15471	11299	3487	14760,5	7717,5	2029	710,4998	4233	1420,999	4,968	15	25,032
6	17873,5	9827	3564,5	15471	11299	3487	14760,5	7717,5	2029	710,5	4233	1421	4,926036	15,04005	25,00638
7	17873,5	9827	3564,5	15471	11299	3487	14760,5	7717,5	2029	710,4981	4233	1421,001	5	15,032	25,00554
8	17873,5	9827	3564,5	15471	11299	3487	14760,5	7717,5	2029	710,5019	4233	1421	5,1	15,012	25,00296
9	17873,5	9827	3564,5	15471	11299	3487	14760,5	7717,5	2029	710,5023	4233	1421,001	5,073964	15,0258	25,00484

Hasil tersebut akan dijumlahkan dan dibagi dengan 9 sebagai inputan baru untuk proses iterasi selanjutnya. Setelah didapat hasil parameter fungsi keanggotaan yang baru dan pengukuran nilai kesalahan, maka proses selanjutnya akan dilakukan iterasi sesuai dengan alur maju dan dari hasil keluaran jaringan akan dilakukan pemeriksaan kesalahan ditahap propagasi balik. Demikian seterusnya proses ini terus berulang sampai memenuhi kondisi dengan mendapatkan nilai kesalahan terkecil atau sampai dengan iterasi maksimum yang diterapkan.

Pada iterasi terakhir, nilai parameter a, b dan c yang sudah diupdate kemudian akan digunakan sebagai inputan untuk proses pengujian, dengan menggunakan nilai parameter yang sudah terupdate maka pada proses pengujian nantinya waktu proses yang digunakan akan menjadi lebih singkat dengan hasil klasifikasi akurat dan nilai kesalahan yang lebih baik. Sebagai gambaran dari hasil pembelajaran ANFIS pada data sampel yang telah dibahas maka berikut pada tabel 3.29 akan ditampilkan hasilnya. Dari proses iterasi yang telah dilakukan didapatkan hasil *error* yang sangat kecil pada iterasi ke-100

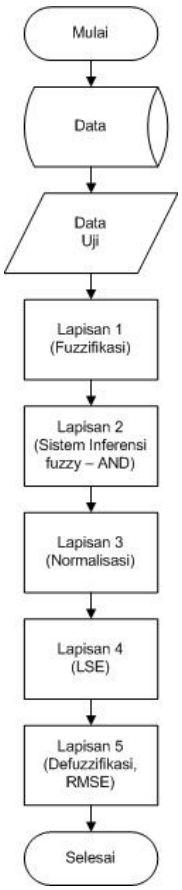
Tabel 3.29 Hasil Akhir

Data Ke-	Target Output	Output Jaringan	*Error*
1	1	1	0,003209
2	1	1	0,011448
3	1	1	0,003158
4	2	2	0,004809
5	2	2	0,005907
6	2	2	0,002432
7	3	3	-0,004171
8	3	3	0
9	3	3	-0,002221

Berdasarkan hasil proses penyelesaian pada tabel diatas menunjukan bahwa metode ANFIS berhasil menentukan tingkat potensi luas lahan pertanian dengan RMSE = 0,005138

3.1.6 Pengujian ANFIS

Setelah melakukan proses pembelajaran pada data yang akan diklasifikasi sebagai data latih, langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian dengan menggunakan data uji. Tujuan dari pengujian ini untuk melihat hasil akhir dari metode ANFIS dengan memperhatikan seberapa baik nilai klasifikasi dan tingkat kesalahan yang dihasilkan. Berbeda dengan tahap pembelajaran yang melibatkan proses *error* backpropagation untuk mengetahui nilai kesalahan dari lapisan 5 sampai lapisan 1, pada tahap pengujian ini hanya akan melibatkan proses alur maju dari lapisan 1 sampai lapisan 5. Berikut adalah gambaran dari proses alur maju pengujian ANFIS



Gambar 3.20 Flowchart Pengujian ANFIS

Berdasarkan gambar diatas, dapat dijelaskan bahwa alur maju pada proses pengujian ANFIS ini tidak berbeda dengan yang digunakan pada proses pembelajaran ANFIS, dimana data uji akan difuzzifikasi terlebih dahulu pada

lapisan 1, akan tetapi disinilah letak perbedaan proses pengujian dibanding proses pembelajarannya. Nilai a, b dan c yang akan digunakan untuk memfuzzifikasi merupakan nilai yang sudah diupdate melalui proses pembelajaran ANFIS, sehingga diharapkan tanpa perlu melakukan kembali proses iterasi dan update nilai parameter, output yang didapatkan pada proses pengujian ini bisa menghasilkan nilai klasifikasi yang baik. Nilai parameter a, b dan c baru yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.26 sampai 3.28. Sementara untuk data yang akan diuji dapat dillihat pada tabel 3.30 berikut.

Tabel 3.30 Data Uji

No	Kecamatan	Luas Wilayah	Luas Lahan Potensial	Penggunaan Lahan		Tingkat Peralihan
				Pertanian	Non-pertanian	
1	Pacet	4166	4286	2355	1931	5
2	Takokak	14216	13576	12488	1088	0

1. Lapisan 1

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, pada lapisan pertama inilah terdapat proses yang membedakan antara tahap pengujian dengan tahap pembelajaran ANFIS. Lapisan 1 yang merupakan tahap fuzzifkasi dengan menggunakan metode *generalized-bell* akan menggunakan nilai parameter a,b dan c yang sudah diupdate melalui proses pembelajaran ANFIS. Nilai parameter a, b dan c yang sudah terupdate tersebut dapat dilihat pada tabel 3.26 sampai 3.28. Dari sejumlah nilai a, b dan c baru yang dihasilkan pada proses pembelajaran sebanyak data latih yang digunakan maka kemudian data tersebut akan dirata - ratakan. Nilai rata – rata dari setiap kelas pada parameter a, b dan c baru itulah yang akan digunakan untuk menghitung nilai fuzzifikasi pada data uji dengan metode sama yaitu *g-bell.* Penggunaan nilai parameter yang sudah diupdate pada proses pembelajaran ini akan lebih mempersingkat waktu pada proses pengujiannya. Untuk nilai parameter a, b dan c baru yang akan digunakan pada proses pengujian ini dapat dilihat pada tabel 3.31 berikut.

Tabel 3.31 Parameter Premis Baru

		Luas Wilayah (LW)	Luas Lahan Potensial (LP)	Penggunaan Lahan Pertanian (PLP)	Penggunaan Lahan Non-pertanian (PLN)	Tingkat Peralihan (TP)
Kecil	**a**	10258,50004	8906,00004	8648,50005	257,50090	5,05277
	b	0,993214	0,970635	0,94496	0,991434	0,957415
	c	17873,5	9827	3564,5	15471	11299
Sedang	**a**	4575,00008	5253,00007	3246,50012	2658,00017	5,05959
	b	0,970635	0,94496	0,991434	0,957415	0,95409
	c	9827	3564,5	15471	11299	3487
Besar	**a**	950,50018	1179,00019	597,00022	619,00057	5,03752
	b	0,94496	0,991434	0,957415	0,95409	1,006381
	c	3564,5	15471	11299	3487	14760,5

Nilai parameter premis yang ada pada tabel diatas tidak lagi dihasilkan berdasarkan pola penentuan nilai terkecil dan terbesar pada setiap kelas dari data yang akan digunakan akan tetapi merupakan nilai rata-rata dari update nilai parameter a, b dan c yang sudah dilakukan pada tahap pembelajaran ANFIS.

Proses selanjutnya untuk penghitungan lapisan pertama ini tidak berbeda seperti yang dilakukan pada tahap pembelajaran ANFIS, sehingga hasil dari penghitungan data uji yang digunakan dengan menggunakan persamaan 2.2 pada lapisan ini dapat dilihat pada tabel 3.32 berikut.

Tabel 3.32 *Output* Lapisan Pertama

	Data ke-	Kecil	Sedang	Besar
Luas Wilayah	**1**	0,359008	0,395085	0,714047
	2	0,88722	0,520741	0,0079
Luas Lahan Potensial	**1**	0,388007	0,359408	0,685275
	2	0,956687	0,841826	0,013472
Penggunaan Lahan Pertanian	**1**	0,327061	0,268213	0,770306
	2	0,935415	0,316534	0,003248
Pengunaan Lahan Non-pertanian	**1**	0,042616	0,571406	0,595655
	2	0,317541	0,416665	0,775551
Tingkat Peralihan	**1**	0,999979	0,202364	0,05968
	2	0,507588	0,101604	0,039031

2. Lapisan 2

Output dari lapisan 2 adalah hasil perkalian dari semua sinyal yang masuk. Masing-masing keluaran simpul menyatakan derajat pengaktifan dari aturan *fuzzy*. Pada lapisan 2 ini akan dihitung nilai W1,W2,W3 dari setiap nilai keanggotaan yang didapat dari tabel 3.32 dengan menggunakan persamaan 2.2. Hasil dari output lapisan 2 ini dapat dilihat pada tabel 3.33 berikut

Tabel 3.33 *Output* Lapisan Kedua

Data Ke-	W_1	W_2	W_3
1	0,001941	0,004404	0,013399
2	0,127972	0,005874	1,05E-08

Proses penghitungan pada lapisan kedua ini tidak berbeda dengan yang dilakukan pada tahap pembelajaran ANFIS.

3. Lapisan 3

Setiap node pada lapisan ini adalah node *nonadaptif* yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi, yaitu membagi w_i dengan jumlah total w. Pada langkah ini akan dihitung derajat pengaktifan *firing strength (Wi)* dengan menggunakan hasil dari tabel 3.4 dengan menggunakan persamaan (2.3). Hasil dari output lapisan 3 ini dapat dilihat pada tabel 3.34 berikut.

Tabel 3.34 *Output* Lapisan Ketiga

Data Ke-	W^1	W^2	W^3
1	0,098329	0,223043	0,678628
2	0,956111	0,043889	7,82E-08

Proses penghitungan pada lapisan ketiga ini tidak berbeda dengan yang dilakukan pada tahap pembelajaran ANFIS.

4. Lapisan 4

Seperti yang dilakukan pada tahap pembelejaran ANFIS, di lapisan keempat ini dilakukan perhitungan untuk mengubah hasil fuzzy kedalam himpunan klasik (crisp). Pada lapisan ini dilakukan perhitungan dengan metode

LSE menggunakan data uji yang berasal dari tabel 3.30 untuk mendapatkan nilai parameter koefisiennya. Hasil dari perhitungan LSE tersebut nantinya akan dimasukkan kedalam bentuk matriks, berikut adalah ilustrasi bentuk matriks yang akan digunakan untuk penghitungan LSE pada data uji ini.

A=	409,63	421,43	231,56	189,87	.....	1598,17	1310,43	3,39	0,68
	13592,07	12980,16	11939,91	1040,24	.....	0,0010	0,0001	0,0000	0,00

Untuk tampilan lengkap matriksnya dapat dilihat pada lampiran halaman A-20.

Dari matriks A tersebut akan dicari nilai parameter konsekuen θ(teta) dengan menggunakan metode Least-Squares Estimator (LSE). Jika matriks $A^T.A$ memiliki nilai determinan tidak sama dengan nol maka matriks itu bersifat *non singular*, maka rumus yang digunakan :

$$\Theta = \text{inv}(A^T A)A^T.y$$

Tetapi apabila matriks $A^T.A$ nya memiliki nilai determinan nol maka matriks tersebut bersifat singular dan rumus yang digunakannya sedikit berbeda yaitu :

$$\Theta = \text{inv}(A.A^T)A^T.y$$

Sehingga didapatkan nilai parameter konsekuen sebagai berikut :

Tabel 3.35 Parameter Konsekuen

Parameter	Nilai
A1	-0,361393962
B1	0,323601301
C1	0,058773293
D1	0,007819801
E1	-12,93867385
F1	3,593445569
A2	0,019078164
B2	0,005065846
C2	-0,008934643
D2	-0,025264323
E2	0,754626751

F2	-11,50295639
A3	0,003199501
B3	0,000745157
C3	-0,003538377
D3	-0,000201661
E3	-0,824753646
F3	7,676684886

Selanjutnya nilai $A_1..A_n$, $B_1..B_n$, $C_1..C_n$, $D_1..D_n$, $E_1..E_n$, $F_1..F_n$ digunakan untuk perhitungan pada lapisan ke 4. Perhitungan output lapisan ke 4 menggunakan persamaan (2.4). Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.36.

Tabel 3.36 *Output* Lapisan Keempat

Data Ke-	$\overline{W_1}f_1$	$\overline{W_2}f_2$	$\overline{W_3}f_3$
1	-2,776304348	-3,271728046	8,10480522
2	5,422495133	-2,313563018	4,48E-06

5. Lapisan 5

Pada lapisan ini hanya ada satu node tetap yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan yang berasal dari lapisan ke 4 pada tabel 3.36. Dengan persamaan (2.5) maka didapat :

Tabel 3.37 *Output* Lapisan Kelima

Data Ke-	Target Output	Output Jaringan	*Error*
1	2	2,056773	0,056773
2	3	3,108937	0,108937

Proses penghitungan pada lapisan kelima ini tidak berbeda dengan yang dilakukan pada tahap pembelajaran ANFIS. Setelah penghitungan pada semua lapisan di tahap pengujian ini selesai, maka dari hasil yang ditampilkan dapat disimpulkan apakah nilai keluaran klasifikasinya sudah sesuai dengan nilai sebenarnya. Nilai toleransi *error* akan menjadi patokan apakah dari nilai yang dihasilkan oleh sistem dapat disimpulkan sesuai dengan nilai target output

sebenarnya, contohnya pada tabel 3.37 diatas pada data ke 1 memiliki output jaringan dengan nilai *error* 0,056773, apabila nilai toleransi yang diterapkan sebesar 0,06 maka hasil tersebut akan disimpulkan sesuai dengan nilai target output yang sebenarnya karena memiliki nilai *error* yang lebih kecil dari nilai toleransi *error* nya. Tetapi sebaliknya, apabila nilai toleransi *error* yang diterapkan sebesar 0,05 maka hasil keluarannya akan disimpulkan tidak sesuai dengan nilai target output sebenarnya, karena memiliki nilai *error* yang lebih besar dari nilai toleransi *error* nya. Hasil keakurasian dari pengujian ini dapat dilihat dari seberapa banyak data yang sudah sesuai keluarannya dengan nilai target target output sebenarnya, apabila masih terdapat banyak kesalahan pada hasil output jaringannya maka perlu dilakukan lagi proses pembelajaran dengan mengubah nilai toleransi *error* atau maksimal iterasinya agar menghasilkan nilai pengujian yang lebih optimal.

3.1.7 Analisis Kebutuhan Non Fungsional

Analisis kebutuhan non fungsional dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui spesifikasi kebutuhan non fungsional mengenai detail hal-hal yang akan dilakukan oleh sistem ketika diimplementasikan. Spesifikasi kebutuhan ini melibatkan analisis perangkat lunak/*Software* dan analisis perangkat keras/ *Hardware.*

3.1.7.1 Analisis Perangkat Lunak

Perbandingan antara spesifikasi perangkat lunak yang digunakan dengan minimal spesifikasi yang diperlukan untuk pembangunan sistem ini dapat dilihat pada tabel 3.30 yang terdapat di lampiran halaman A-1.

3.1.7.2 Analisis Perangkat Keras

Perangkat keras/*Hardware* yang diperlukan dalam pembangunan sistem ini yaitu sebuah Personal Computer/Laptop yang akan digunakan untuk mengolah dan menggunakan sistem. Perbandingan antara spesifikasi perangkat keras yang digunakan dengan minimal spesifikasi yang diperlukan untuk membangun sistem

klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian ini dapat dilihat pada tabel 3.31 yang ada pada lampiran halaman A-1.

3.1.7.3 Analisis Pengguna

Analisis pengguna bertujuan untuk mengetahui siapa saja yang memiliki hak akses terhadap sistem serta karakteristiknya dalam mengoperasikan perangkat komputer untuk menggunakan sistem yang akan dibangun. Dalam pembangunan sistem ini hanya akan melibatkan satu entitas atau pengguna yang dinamakan penguji, adapun analisis dari pengguna/*brainware* tersebut dapat dilihat pada tabel 3.32 di lampiran halaman A-2.

3.1.8 Analisis Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional digunakan untuk menggambarkan secara umum dari sistem yang akan dirancang. Secara garis besar, kebutuhan fungsional yang akan dilakukan pada pembangunan sistem ini meliputi perancangan *Entity Relationship Diagram* (ERD), Kamus Data, Diagram Konteks, *Data Flow Diagram* (DFD) dan Spesifikasi Proses.

3.1.8.1 *Entitiy Relationship Diagram* (ERD)

ERD merupakan fungsi untuk menjelaskan aliran data yang diproses sehingga menghasilkan informasi yang diharapkan. Komponen utama dalam pembentukkan ERD yaitu Entity dan Relation sehingga dalam hal ini ERD merupakan komponen yang berisikan himpunan entitas dan relasi yang dideskripsikan melalui sejumlah atribut-atribut yang menggambarkan seluruh fakta dari system yang ditinjau. Adapun ERD dari sistem dapat dilihat pada gambar 3.20 yang ada pada lampiran halaman A-2.

3.1.8.2 Kamus Data

Kamus data dari Entity Relationship Data (ERD) berdasarkan sistem yang akan dibangun pada sistem ini dapat dilihat pada tabel 3.33 yang ada pada lampiran halaman A-3.

3.1.8.3 Diagram Konteks

Sistem yang akan dibangun digambarkan secara garis besar dengan menggunakan diagram konteks. Diagram konteks merupakan tingkatan tertinggi dalam diagram aliran data dan hanya memuat satu proses yang menunjukkan sistem secara keseluruhan. Proses tersebut diberi nilai nol, dari diagram ini dapat diihat secara umum mengenai alur proses yang akan ditangani oleh sistem yang sedang dibangun. Gambaran diagram konteks dari sistem klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian yang akan dibangun ini dapat dilihat pada gambar 3.21 di lampiran halaman A-3.

3.1.8.4 *Data Flow Diagram* (DFD)

Data Flow Diagram (DFD) merupakan sebuah teknik yang menggambarkan aliran data dan informasi yang digunakan sebagai perjalanan data dari masukan hingga menuju keluaran. DFD dapat menggambarkan arus data didalam sistem dengan terstruktur dan jelas. Gambaran DFD dari sistem yang akan dibangun ini dpat dilihat pada gambar 3.22, 3.23 dan 3.24 pada lampiran halaman A-4 dan A-5.

3.1.8.5 Spesifikasi Proses

Spesifikasi proses merupakan alat bantu sistem yang akan menjelaskan perilaku-perilaku proses yang ada dalam *Data Flow Diagram (DFD)* dan dibangun sesuai dengan kebutuhan sistem. Spesifikasi proses sistem ini dapat dilihat pada table 3.34 di lampiran halaman A-5 sampai A-7.

3.2 Perancangan Sistem

Perancangan merupakan penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah kedalam suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi. Perancangan *system* terdiri dari perancangan database, struktur menu, dan antarmuka.

3.2.1 Skema Relasi

Skema relasi merupakan rangkaian hubungan antara dua tabel atau lebih yang ada pada sebuah sistem database. Untuk skema relasi yang terdapat pada

perancangan sistem klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian ini dapat dilihat pada gambar 3.25 di lampiran halaman A-8.

3.2.2 Struktur Tabel

Struktur tabel merupakan spesifikasi dari tiap tabel yang digunakan dalam *system* yang akan dibangun. Struktur tabel dari perancangan sistem klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian ini dapat dilihat dari table 3.35 sampai tabel 3.44 yang ada pada lampiran halaman A-8 sampai halaman A-13.

3.2.3 Perancangan Struktur Menu

Perancangan struktur menu merupakan gambaran secara garis besar dari setiap menu yang terdapat pada sistem. Perancangan struktur menu pada sistem ini dapat dilihat pada gambar 3.26 di lampiran halaman A-13.

3.2.4 Perancangan Antar Muka

Perancangan antar muka berisikan gambaran dari setiap menu dan sub menu yang terdapat pada sistem dan berfungsi untuk lebih memudahkan user dalam memahami fungsi yang ada serta cara menggunakannya. Perancangan antar muka pada sistem ini dapat dilihat dari gambar 3.27 sampai gambar 3.33 pada lampiran halaman A-13 sampai halaman A-16

3.2.5 Perancangan Pesan

Perancangan pesan merupakan pop-up window yang berasal dari sistem sebagai tanda notifikasi atau peringatan. Gambaran perancangan pesan yang ada pada sistem klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian ini dapat dilihat pada gambar 3.34 di lampiran halaman A-17.

3.2.6 Jaringan Semantik

Jaringan semantik digunakan untuk menunjukan alur dari setiap menu dalam sistem yang dibangun, gambaran dari jaringan semantik yang terdapat dalam pada sistem klasifikasi tingkat potensi luas lahan pertanian ini dapat dilihat pada gambar 3.35 di lampiran halaman A-17.