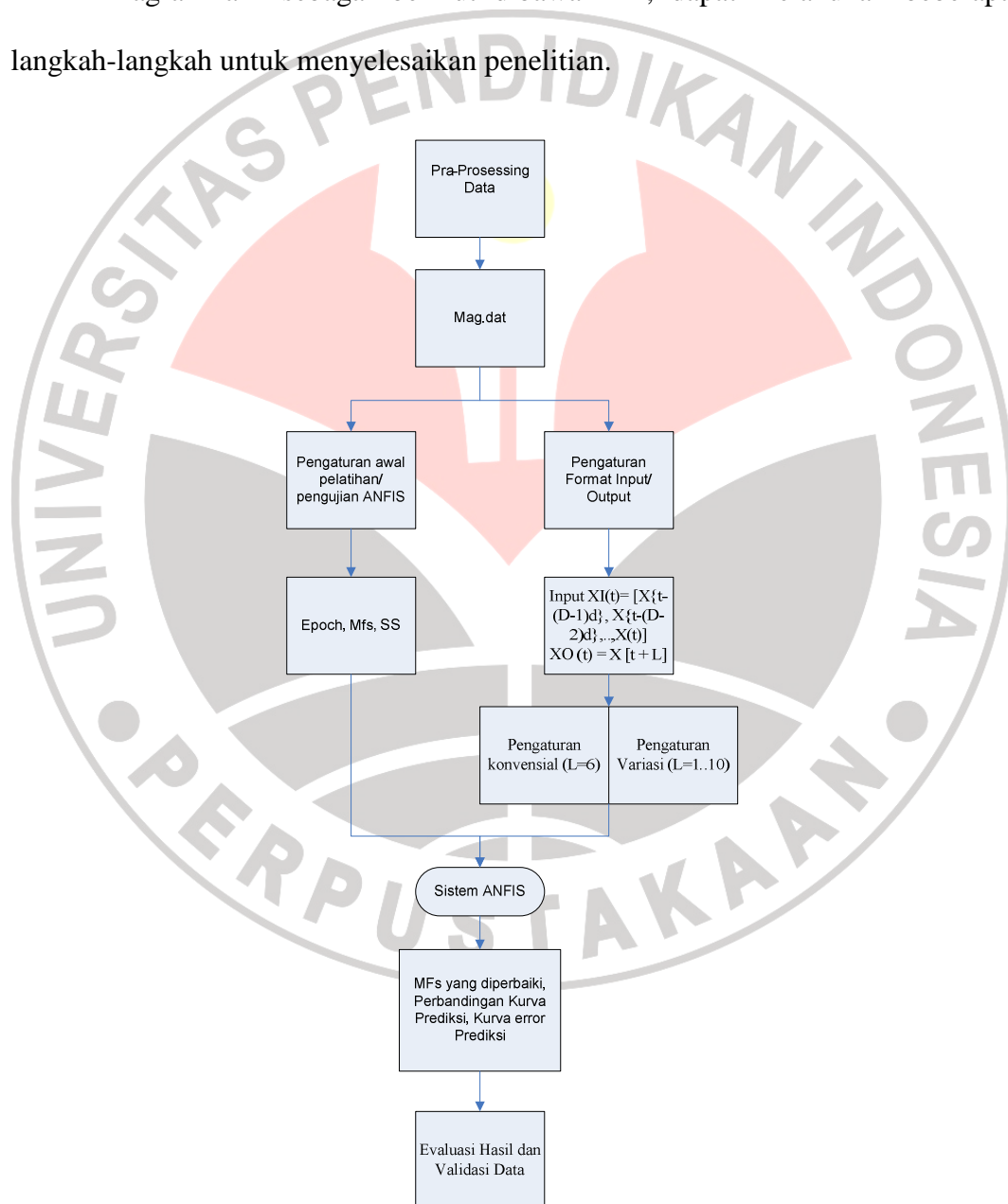


BAB III

METODE PENELITIAN

Diagram alir sebagai berikut dibawah ini, dapat melakukan beberapa langkah-langkah untuk menyelesaikan penelitian.



Gambar 3.1. Diagram Alir penelitian

3.1 Pra-Processing Data Gempa Bumi

Data gempa bumi yang dimaksud pada dalam penelitian ini adalah data berupa magnitudo, waktu (tahun, bulan, hari dan menit), kedalaman sumber, dan koordinat sumber gempa (episenter). Data ini dapat diperoleh dari situs <http://neic.usgs.gov/>. USGS (U.S Geological Survey) merupakan situs yang sangat memberikan informasi berbagai macam penelitian dan kegeologian. Selain itu USGS mampu memberikan basis data yang cukup akurat dan lengkap mengenai pencatatan dan pengukuran gempa bumi yang mencakup banyak negara. Untuk lengkapnya raw data asli download dapat dilihat lampiran I (hal 64).

3.1.1 Seleksi Data Deret Waktu Magnitudo Maksimum

Pada penelitian ini raw data yang masih berjumlah besar dengan lebih dari 1800 data magnitudo yang dimulai pada tahun 1973 hingga 2009 akan diseleksi berdasarkan waktu dan magnitudo maksimum tiap bulannya. Dengan tujuan untuk mempermudah proses sortir menggunakan software excel. Pengurutan data tertuju pada urutan bulan disetiap tahunnya. Setelah itu catat data magnitudo terbesar disetiap bulannya yang bermula pada tahun 1974 hingga 2008 (sekitar 405 data). maka jumlah data yang terkumpul dan dipilih sekitar 360 data. Data yang telah disiapkan dapat disimpan dalam bentuk format .dat.

Karakteristik data dapat dilihat polanya setelah melakukan *plotting* misalnya dengan menggunakan Excel atau matlab. *Plotting* atau grafik yang dihasilkan adalah magnitudo terhadap waktu.

3.2 Pengaturan Parameter Awal Pelatihan dan Pengujian ANFIS

3.2.1 Epoch

Epoch dapat diartikan sebagai tahap arah pembelajaran maju-mundur yang terjadi dalam jaringan adaptif. Misal satu tahap arah pembelajaran maju-mundur dinamakan satu epoch. Dalam pengaturan awal percobaan dapat dengan cara melakukan berbagai variasi nilai epoch seperti percobaan dengan 10 epoch hingga 60 epoch.

3.2.2 Fungsi Keanggotaan (MFs)

Fungsi keanggotaan fuzzy input (*premis*) yang dipilih secara konvensional biasa digunakan dengan jenis fungsi keanggotaan jenis *generalized bell* (*gbell*).

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\frac{(x - c_i)^2}{a_i^2} \right]^{b_i}}$$

Parameter a, b, c, pada fungsi keanggotaan gbell

dinamakan parameter premis yang adaptif.

Melalui fungsi keanggotaan ini parameter premis ini akan diubah dengan cara pelatihan/pembelajaran. Jumlah MFs pada penelitian ini digunakan 2 dengan format input 4 menghasilkan $2^4 = 16$ aturan fuzzy.

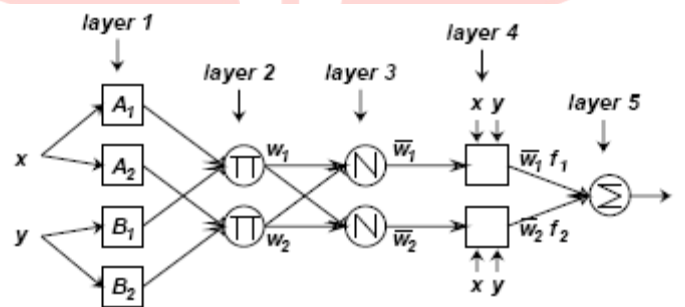
3.2.3 Step Size

Step size atau ukuran langkah. Pengaturan step size yang digunakan adalah nilai 0.1. step size sendiri dapat memberikan informasi langkah pelatihan dan pengujian disetiap epoch. Bila step size berubah akan menunjukkan perubahan

kecepatan konvergensi dan identik dengan laju proses pelatihan/pembelajaran (*learning rate*). Secara pengamatan dapat memberikan efek terhadap perbaikan parameter dan error.

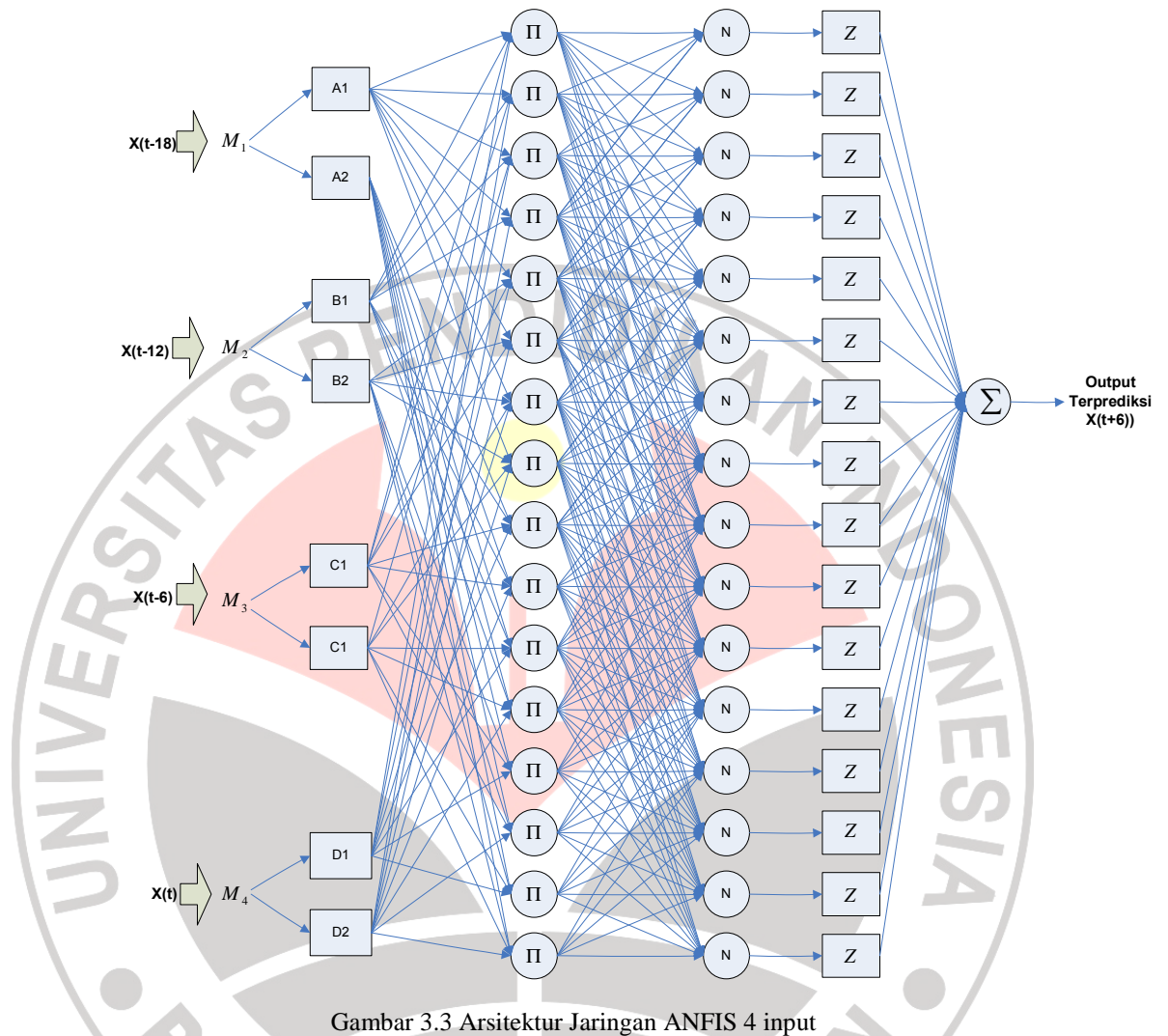
3.2.4 Arsitektur Jaringan ANFIS Empat Input Magnitudo

Seperti yang telah dijelaskan mengenai kemampuan ANFIS dalam membangun FIS (*fuzzy inference system*) dengan input-outputnya yang akan melalui proses pembelajaran untuk mendapatkan optimasi parameter melalui jaringan adaptif seperti pada gambar 3.2 sehingga mendapat parameter-parameter terbaharui.



Gambar 3.2 Arsitektur Jaringan ANFIS dua input (Jang, 1993)

Sesuai dengan keuntungan penggunaan sistem fuzzy sebagai representasi pengetahuan yang tergabung dalam jaringan saraf, maka peneliti dapat menyimbolkan logika fuzzy dalam setiap masukan dan inputan yang bekerja dalam setiap lapisan jaringan. Pada penelitian ini dilakukan aplikasi ANFIS terhadap prediksi deret waktu magnitudo gempa. Bila pelatihan menggunakan 4 masukan dan 1 keluaran yaitu input = $x(t-18), x(t-12), x(t-6), x(t)$ dan output = $x(t+6)$. Pada gambar 3.3 terlihat arsitektur dan proses disetiap layer seperti berikut:



Penjelasan tiap layer sebagai berikut :

Masukan (inputan layer) : $x(t-18) = m_1$, $x(t-12) = m_2$, $x(t-6) = m_3$, $x(t) = m_4$

Layer 1 (layer fuzzifikasi) : setiap node i pada layer ini adalah adaptif. Output pada node-node ini dapat direpresentasikan seperti,

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(m_1), \quad \text{untuk } i = 1, 2 \quad O_{1,i} = \mu_{C_{i-4}}(m_3), \quad \text{untuk } i = 5, 6$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(m2), \text{ untuk } i = 2, 3 \quad O_{1,i} = \mu_{D_{i-6}}(m4), \text{ untuk } i = 7, 8$$

dengan kata lain $O_{1,i}$ merupakan grade keanggotaan pada himpunan fuzzy $M = (A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2, D_1, \text{ atau } D_2)$. Keluaran pada layer ini merupakan fungsi bel. Parameter premis (a_i, b_i, c_i) dibuat tetap.

Layer 2 (Layer Rules) : pada layer ini nodenya tetap dan disimbolkan Π_n .

Setiap output node hasil dari sinyal datang :

$$O_{2,n} = w_n = \mu_{A_i}(m1) \times \mu_{B_i}(m2), i = 1, 2. \text{ dan } w_n = \mu_{C_{i-1}}(m3) \times \mu_{D_{i-2}}(m4), i = 3, 4.$$

Layer 3 (Layer Normalisasi) : Disimbolkan dengan N . Pada layer ini dilakukan normalisasi dari sinyal-sinyal yang masuk.

$$O_{3,n} = \overline{w}_n = \frac{w_n}{\sum_{n=1}^{16} w_n}, n = 1, 2, \dots, 16$$

Layer 4 (layer defuzzifikasi) : Layer dengan node adaptif. Bersimbolkan Z .

Setiap node dalam layer dihubungkan node kuat penyulutan ternormalisasi (layer

$$3). \text{ Fungsi node : } O_{4,n} = \overline{w}_n f_n = \overline{w}_n (p_n m1 + q_n m2 + r_n)$$

(p_n, q_n, r_n) = himpunan parameter dari node ini/parameter konsekuen.

Layer 5 : layer dengan node tunggal. Bersimbolkan \sum . Menghitung keluaran sebagai penjumlahan sinyal datang. Fungsi nodenya :

$$O_{5,n} = \sum_{n=1}^{16} \overline{w}_n f_n = \frac{\sum_{n=1}^{16} w_n f_n}{\sum_{n=1}^{16} w_n}, n = 16$$

3.3 Pengaturan Format input/output prediksi deret waktu

3.3.1 Pengaturan Format input/output konvensional (prediksi Mackey-Glass Time series) dengan $D = 4$ dan $L = 6$

Pada tahap ini, peneliti mencoba mengkararakteristik data input/output yang akan menjadi data pelatihan dan pengecekan. Berdasarkan penentuan partisi deret waktu fuzzy logic pada penelitian ini mengikuti format perumusan :

Jika diberikan deret waktu, $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_q\}$, untuk $t = 1, 2, 3, \dots, q$ (3.1)

Dalam penyelesaian kasus deret waktu berdasarkan fuzzy logic, digunakan seperangkat data dengan nilai-nilainya dalam waktu, katakanlah t , akan digunakan untuk memprediksi nilai yang akan datang deret waktu pada beberapa titik, katakanlah $(t+L)$. Maka standar metode prediksi ini selalu dibentuk D sampel data titik yang akan dijadikan input-input. Untuk perumusan dalam vektor dimensional D diperoleh :

$$XI(t) = [X\{t-(D-1)d\}, X\{t-(D-2)d\}, \dots, X(t)] \quad (3.2)$$

Mengikuti pengaturan konvensional (prediksi Mackey-Glass Time series), maka di pilih $D = 4$ dan $d = L = 6$. dengan demikian input datanya:

$$XI(t) = [X(t-18), X(t-12), X(t-6), X(t)] \quad (3.3)$$

Output data pelatihan sesuai dengan prediksi garis lengkung proyektif :

$$XO(t) = X[t+L] = X[t+6] \quad (3.4)$$

3.3.2 Pengaturan Format input/output dengan Variasi perubahan L (1 sampai 10)

Setelah melakukan percobaan dengan pengaturan konvensional (bagian 3.3.1), pada penelitian akan dilakukan percobaan dengan menerapkan variasi L dari 1 sampai 10. Format lengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Variasi Format input/output

L	INPUT	OUTPUT	L	INPUT	OUTPUT
1	$[x(t-3),x(t-2),x(t-1),x(t)]$	$[x(t+1)]$	6	$[x(t-18),x(t-12),x(t-6),x(t)]$	$[x(t+6)]$
2	$[x(t-6),x(t-4),x(t-2),x(t)]$	$[x(t+2)]$	7	$[x(t-21),x(t-14),x(t-7),x(t)]$	$[x(t+7)]$
3	$[x(t-9),x(t-6),x(t-3),x(t)]$	$[x(t+3)]$	8	$[x(t-24),x(t-16),x(t-8),x(t)]$	$[x(t+8)]$
4	$[x(t-12),x(t-8),x(t-4),x(t)]$	$[x(t+4)]$	9	$[x(t-27),x(t-18),x(t-9),x(t)]$	$[x(t+9)]$
5	$[x(t-15),x(t-10),x(t-5),x(t)]$	$[x(t+5)]$	10	$[x(t-30),x(t-20),x(t-10),x(t)]$	$[x(t+10)]$

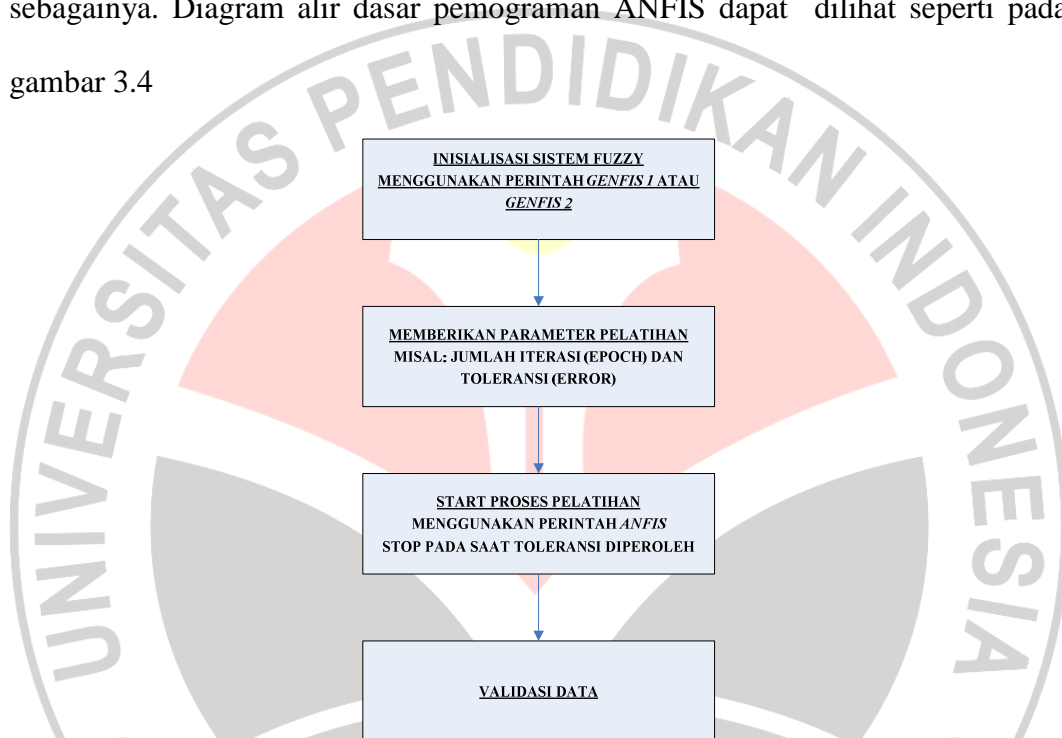
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak N data input/output yang kemudian dibagi menjadi 2 yaitu N/2 data pelatihan atau N/2 pengujian.

Tabel 3.2 Pelatihan dan Pengujian data ANFIS

No	Pelatihan/Pengujian Data	Jumlah data	Jumlah input/output	Pemograman ANFIS dari
1.	Magnitudo Max Gempa per Bulan (1974-2008)	360	180/180	Comand line

3.4 Pelatihan dan Pengujian Data pada ANFIS Menggunakan Matlab

Pada peneitian ini dilakukan pemograman ANFIS menggunakan software MATLAB 7.0.4.365 (R12) SP2. MATLAB dapat memberikan fasilitas pemograman, pengolahan data, simulasi dan pemodelan, serta visualisasi dan lain sebagainya. Diagram alir dasar pemograman ANFIS dapat dilihat seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram dasar pemograman ANFIS dengan fungsi Matlab

Prediksi deret waktu melalui pemograman fungsi matlab pada dasarnya melakukan perintah inisialisasi sistem fuzzynya. Persamaan yang biasa digunakan adalah GENFIS1, fungsi ini menghasilkan FIS tipe sugeno dengan metoda grid partition. Adapun aplikasinya selengkapnya

```
in_fisimat = genfis1(trn_data, mf_n, mf_type).
```

Trn_data, mf_n, dan mf_type merupakan parameter yang dapat diisi sesuai keinginan, seperti data yang dilatih, jumlah fungsi keanggotaannya (MFs) dan tipe MFsnya. Fungsi GENFIS1 menghasilkan 1 output linear.

Fungsi ANFIS pada pemrograman ini menggunakan algoritma pembelajaran hybrid untuk mengindeksikan parameter-parameter fungsi keanggotaan untuk satu keluaran FIS tipe sugeno.

Validasi data yang telah dilakukan pelatihan diperoleh dari pemanggilan fungsi EVALFIS. Fungsi ini akan memperlihatkan performa perhitungan fuzzy inference. *Coding* pemrograman yang lebih lengkap dapat dilihat di lampiran IV.

3.5 Evaluasi Hasil

3.5.1 Validasi model ANFIS

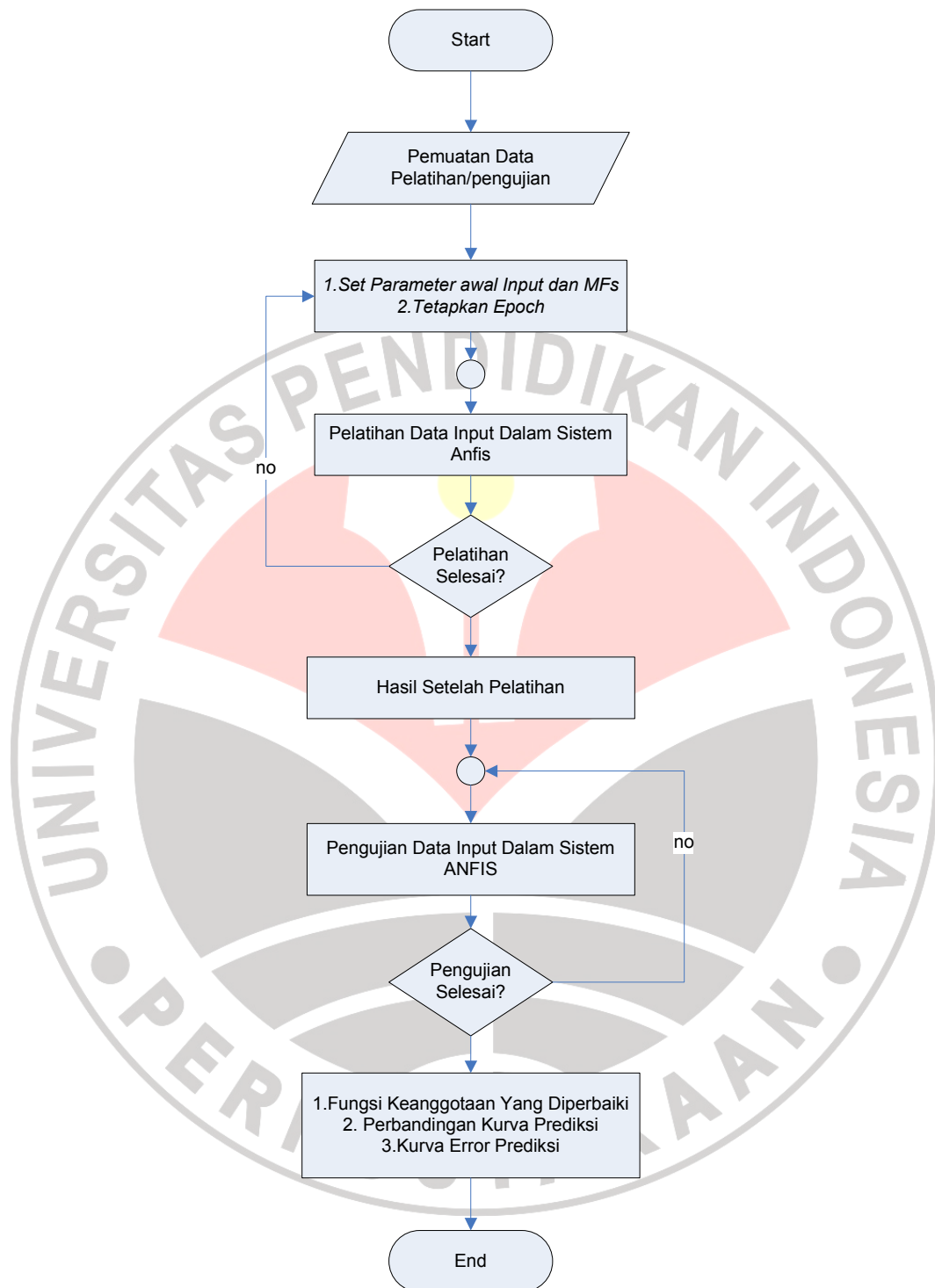
Akhir pelatihan dan pengujian data yang telah mengalami beberapa epoch proses selalu menunjukkan ciri khas tanda-tanda bila pemrograman selesai melakukan langkah-langkah proses. Pada penelitian ini model plotting seperti epoch, error pelatihan/error pengujian, Step size, serta perbandingan Prediksi ANFIS dengan data originalnya dan error prediksi akan direpresentasikan dalam bentuk grafik. Representasi model-model tersebut dapat membantu analisis dan pengamatan untuk mengambil asumsi-asumsi hasil kerja ANFIS seperti memahami dan membuat keputusan terhadap pengamat untuk mengambil parameter-parameter yang terbaik sebagai bahan dasar karakteristik rancang bangun untuk aplikasi dengan input/output data deret waktu magnitudo maksimum gempa bumi.

3.5.2 Root Mean Square Error (RMSE)

Untuk mengevaluasi hasil percobaan dalam ANFIS ini digunakan pengukuran kesalahan (error) peramalan atau prediksi yang biasanya dilaporkan dari hasil proses secara statistik oleh aplikasi software peramalan/prediksi. Walaupun tidak ada kesepakatan umum dalam kuantitas mana yang tepat hasil dalam teknik peramalan/prediksi. Pada kasus ini RMSE (root means square error) digunakan sebagai mengevaluasi hasil prediksi ANFIS terhadap data originalnya untuk melihat seberapa akurat hasil prediksi software (ANFIS). Dengan mendefinisikan RMSE seperti :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \hat{M}_j - M_j} \quad (3.1)$$

Dimana N adalah jumlah prediksi, \hat{M}_j adalah deret waktu yang terprediksi dan M_j adalah deret waktu original.



Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Prediksi Anfis