

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Bahan Penelitian**

Bahan dalam penelitian ini adalah data spesifikasi transformator arus yang akan digunakan untuk simulasi transformator arus dalam keadaan jenuh dan keadaan tak-jenuh. Selanjutnya data hasil simulasi transformator arus dalam keadaan jenuh dan keadaan tak-jenuh tersebut dijadikan sebagai data pelatihan untuk ANFIS guna memperbaiki kinerja transformator arus pada saat jenuh.

#### **3.2 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat keras (*hardware*), berupa satu unit komputer pribadi (PC) untuk membuat dan menguji program komputer dengan spesifikasi:
  - a. prosesor PII 450 MHz
  - b. memori 64 Megabyte, dan
  - c. monitor GTC Futura 14".
2. Perangkat lunak (*software*) aplikasi sebagai acuan untuk membuat program, dalam hal ini program aplikasi Matlab versi 6.1.0, termasuk di dalamnya perangkat lunak Simulink.

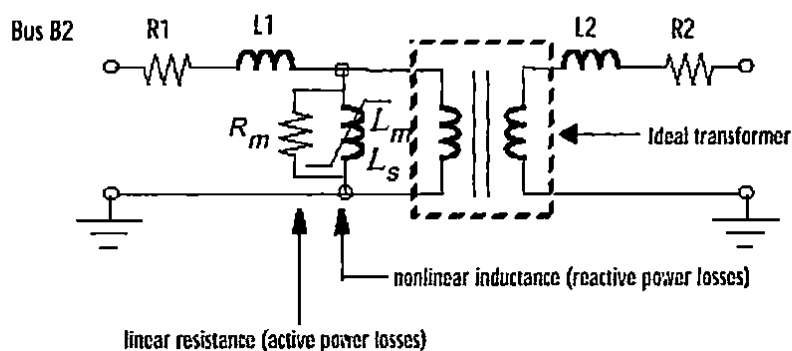
### 3.3 Tatalaksana Penelitian

Sebagian besar kegiatan penelitian ini adalah perancangan sistem berupa perangkat lunak, sehingga secara umum pola pendekatan ilmiahnya diwujudkan dengan langkah-langkah berikut:

1. Studi pustaka, guna mendapatkan gambaran umum dan dasar teori yang dibutuhkan melalui buku-buku, jurnal-jurnal, dan literatur-literatur.
2. Perancangan sistem.
3. Pembuatan perangkat-lunak.
4. Uji coba perangkat-lunak.
5. Penyempurnaan rancangan dan perangkat lunak serta implementasi akhir.

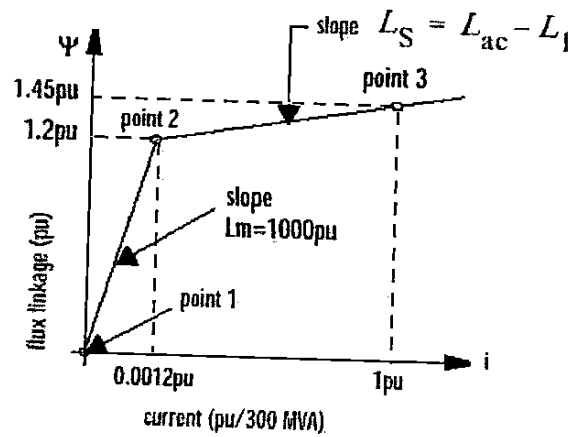
#### 3.3.1 Perancangan Transformator Arus dengan Penjenuhan

Dalam penelitian ini mula-mula transformator arus dengan penjenuhan dimodelkan dalam perangkat-lunak Simulink Matlab. Model transformator arus dengan penjenuhan yang terdiri dari masing-masing satu belitan primer dan sekunder ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



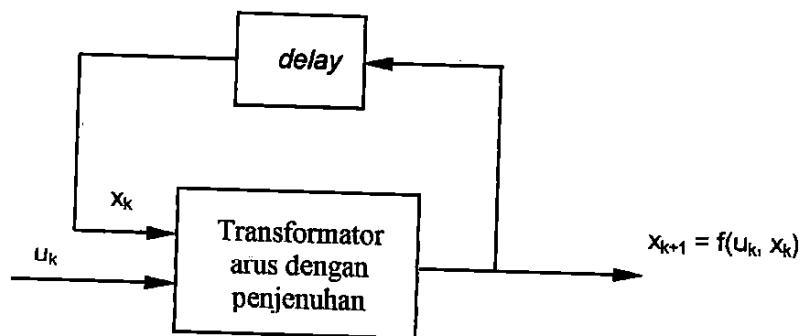
Gambar 3.1 Model transformator arus dengan penjenuhan dalam simulink matlab

Karakteristik fluks-arus dari transformator arus dengan penjumlahan diperlihatkan pada Gambar 3.2.



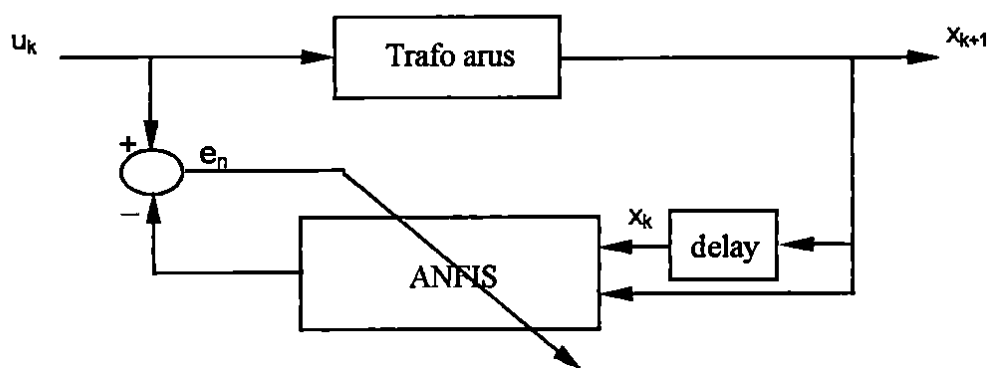
Gambar 3.2 Karakteristik fluks-arus dari model transformator arus dalam simulink matlab

Guna keperluan perancangan sistem, transformator arus dengan penjumlahan menggunakan model dalam simulink matlab dibuat dalam suatu blok diagram seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram blok transformator arus dengan penjumlahan.

Selanjutnya dilakukan simulasi pengoperasian transformator arus berdasarkan model transformator arus dengan penjumlahan yang dibuat dalam simulink matlab. Dengan simulasi pengoperasian transformator arus maka akan dihasilkan data masukan dan keluaran transformator arus. Dalam hal ini data masukan adalah pada sisi primer (arus tinggi) dan data keluaran keluaran adalah pada sisi sekunder (arus rendah). Data masukan dan keluaran ini dijadikan sebagai data pembelajaran ANFIS. Diagram pembelajaran ANFIS untuk simulasi pengoperasian transformator arus dalam simulink matlab mengacu pada pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Proses pelatihan ANFIS pada transformator arus dengan penjumlahan.

Dalam hal ini ANFIS digunakan untuk mengestimasi masukan transformator arus (sisi primer) berdasarkan hanya data keluaran transformator arus (sisi sekunder), sehingga ANFIS dapat digunakan sebagai estimator untuk membantu transformator arus dalam mendeteksi arus primer yang sebenarnya.

Sebelum dilakukan proses estimasi, terlebih dahulu dilakukan pelatihan terhadap ANFIS berdasarkan data masukan dan keluaran transformator arus.

Struktur pelatihannya diperlihatkan pada Gambar 3.4

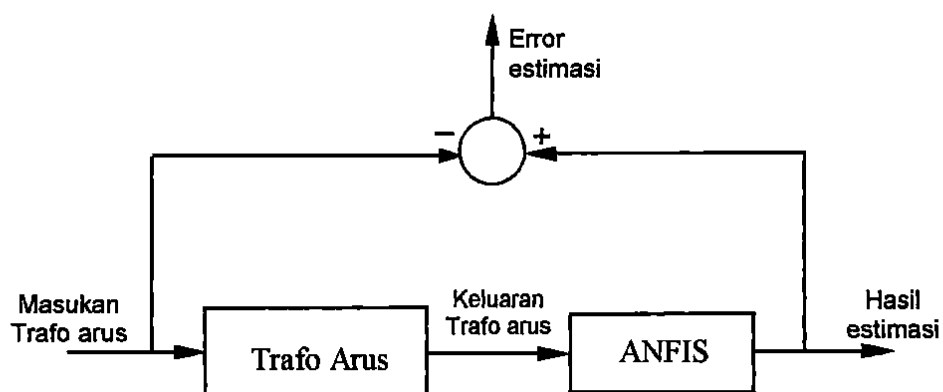
Data pelatihan yang digunakan pada plant sesuai Gambar 3.4 mempunyai format sebagai berikut:

$$[x_k, x_{k+1}, u_k]$$

Dua kolom data pertama adalah data masukan ANFIS sedang kolom terakhir adalah data keluaran ANFIS.

Data pelatihan diperoleh dengan memasukkan nilai acak antara  $-1$  dan  $1$  guna memperoleh  $x(k)$  dan  $x(k+1)$ . Pelatihan dilakukan dengan memasukkan nilai  $x(k)$  dan  $x(k+1)$  yang telah diperoleh ANFIS kemudian keluaran ANFIS dibandingkan dengan nilai  $u(k)$ . Pelatihan akan berhenti jika kriteria galat tercapai atau epoch maksimum telah tercapai.

Setelah data pelatihan diperoleh dan ANFIS telah dilatih, selanjutnya ANFIS hasil pelatihan dipakai sebagai estimator. Dalam hal ini ANFIS digunakan sebagai estimator arus primer transformator arus berdasarkan data arus sekundernya. ANFIS diperlukan sebagai estimator karena ketidaklinearan transformator arus. Struktur estimasi arus primer transformator arus diperlihatkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Proses estimasi arus primer transformator arus dengan peniunhan

Dalam Gambar 3.5 terlihat bahwa hasil estimasi arus primer transformator arus menggunakan ANFIS kemudian dibandingkan dengan arus primer yang sebenarnya. Selisih perbandingan tersebut merupakan *error* estimasi. Berdasarkan *error* estimasi ini maka akan terlihat seberapa besar tingkat akurasi ANFIS dalam mengestimasi arus primer transformator arus berdasarkan data arus sekunder transformator arus dengan penjumlahan.

### 3.3.2 Pembuatan perangkat lunak

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa dalam penelitian ini sebagian besar pekerjaan adalah pembuatan perangkat lunak, maka pembuatan perangkat lunak tersebut akan relatif lebih mudah menggunakan perangkat lunak aplikasi Matlab. Dalam hal ini yang digunakan adalah perangkat lunak aplikasi Matlab versi 6.1.0.

Aalasan pemilihan perangkat lunak Matlab adalah bahwa dalam perangkat lunak Matlab terdapat beberapa fasilitas diantaranya *fuzzy logic toolbox* yang memudahkan pengguna untuk merancang dan membangun program khususnya yang berkaitan dengan sistem logika fuzzy.

Selain itu kemampuan Matlab dalam hal kemudahan membangun GUI (*Graphical User Interface*), sehingga perancang maupun pengguna akan mudah mengakses dan mengoperasikan perangkat lunak yang dibuat.

### 3.3.4 Analisis data

Analisis data yang dilakukan adalah melihat nilai-nilai *error* pelatihan yang dihasilkan dalam proses pelatihan baik menggunakan metode *backpropagation*

maupun metode hibrid. Nilai *error* pelatihan yang merupakan nilai RMSE ini akan diamati untuk jumlah *epoch* pelatihan yang berbeda-beda.

Selain itu, analisis terpenting terletak pada hasil estimasi yang dihasilkan baik menggunakan metode backpropagation maupun hibrid untuk jumlah *epoch* pelatihan yang bervariasi. Hasil estimasi ini akan dibandingkan dengan sinyal masukan transformator arus (sisi primer) yang sebenarnya. Selisih sinyal estimasi dengan sinyal sebenarnya merupakan *error* estimasi.