

## PERANCANGAN APLIKASI SISTEM CERDAS UNTUK PREDIKSI ENERGI LISTRIK PEMAKAIAN SENDIRI DI PT INDONESIA POWER SUB UNIT PLTA KABUPATEN WONOGIRI

Herliyani Hasanah<sup>1\*</sup>, Nurmalitasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Informatika, STMIK Duta Bangsa Surakarta  
Jl. Bhayangkara 55, Surakarta 57154

\*Email: herlydb@gmail.com

### Abstrak

*Tujuan dari penelitian ini adalah membuat perancangan aplikasi sistem cerdas untuk prediksi energi listrik pemakaian sendiri di PLTA Kabupaten Wonogiri dan melakukan perbandingan hasil prediksi sistem cerdas dan hasil produksi energi listrik aktual untuk pemakaian sendiri PLTA berdasarkan tahun dasar yang akan digunakan. Sistem cerdas yang digunakan pada penelitian ini adalah Neuro Fuzzy model Sugeno orde satu. Pada kegiatan penelitian ini akan dibagi menjadi empat tahap pelaksanaan, yaitu inception (permulaan), elaboration (perluasan), construction (konstruksi pembuatan aplikasi), dan transition (transisi). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian Operasi Waduk Gajah Mungkur dan data harian Produksi Listrik PLTA Wonogiri tahun 2010 sampai 2014. Penelitian ini untuk penentuan parameter dengan menggunakan Anfisedit yaitu Toolbox GUI anfis. Bentuk fungsi keanggotaan yang akan digunakan untuk proses pembelajaran adalah membership function trimpf (segitiga) dan trapezoidal (trapezium). Hasil dari penelitian ini prediksi menggunakan Neuro Fuzzy dengan dengan fungsi keanggotaan trimpf (segitiga) dan besar epoch 100 memiliki performa prediksi yang paling baik dan konvergen. Dengan besar Correlation Coefficient (R) adalah 0.996 yang berarti korelasi sangat kuat.*

*Kata kunci: energi listrik, prediksi, neuro fuzzy, sistem cerdas*

### 1. PENDAHULUAN

Air adalah salah satu sumber energi listrik yang memiliki potensi besar di Indonesia. Melihat keterbatasan tersedianya air untuk mencukupi berbagai kebutuhan hidup dan untuk kebutuhan pembangkit listrik, maka perlu manajemen pemanfaatan air dengan sebaik-baiknya, terutama pada waktu musim kemarau. Salah satu cara untuk mengoptimalkan potensi air yang ada, maka dibangunlah waduk.

Waduk Gajah Mungkur berada di Kecamatan Wonogiri. Waduk Gajah Mungkur digunakan sebagai penanggulangan banjir, penyediaan air irigasi, daerah pariwisata dan sebagai pembangkit tenaga listrik. Kapasitas yang terpasang di PLTA Wonogiri adalah 2 x 6,2 MW yang terdiri dari 2 unit mesin pembangkit yang dapat menghasilkan tegangan listrik sebesar 15500 KVA dan mampu menghasilkan daya listrik 40 juta kwh/ tahun.

Pusat-pusat listrik selalu dilengkapi dengan sistem kelistrikan untuk pemakaian sendiri. Sistem kelistrikan untuk pemakaian sendiri tersebut berfungsi untuk menyuplai tenaga listrik yang diperlukan untuk pemakaian (di dalam pusat listrik) sendiri, baik dalam kondisi pusat listrik beroperasi maupun tidak beroperasi. Tenaga listrik yang dihasilkan tersebut digunakan untuk keperluan menjalankan peralatan antara lain untuk penerangan, peralatan *Air Conditioner* (AC), peralatan bantu unit pembangkit yang berupa motor-motor listrik untuk pompa-pompa, *valve*, kipas pendingin (*fan*), *conveyor*, sistem kontrol, peralatan pengukuran (*instrument*), sistem telekomunikasi, pengisian suplai daya sumber arus searah (DC) yang berupa Baterai Aki dan *Uninterruptible Power Supply* (UPS).

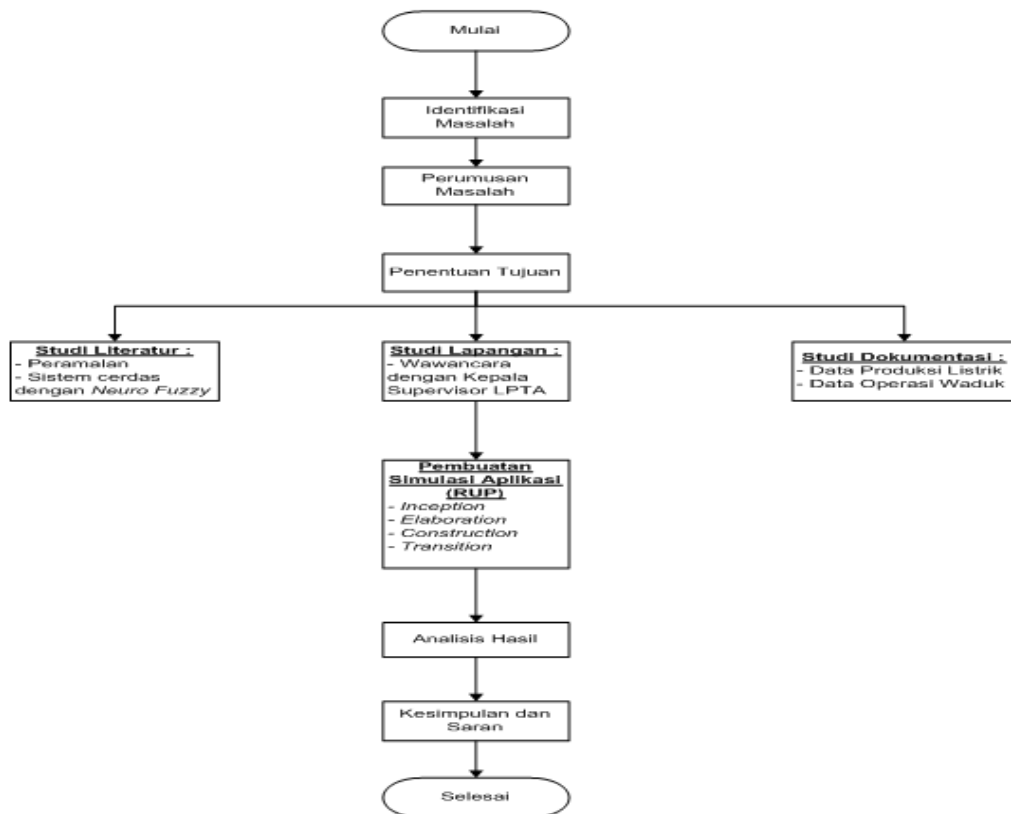
Saat ini, metode prediksi yang digunakan adalah metode sederhana yang mengandalkan pengalaman tahun – tahun sebelumnya dan perkiraan jangka pendek dari pengelola PT Indonesia Power serta informasi perkiraan cuaca jangka pendek dari Badan Meteorologi dan Geofisika (Triantisto dan Supardjan, 2007). Kondisi iklim secara makro di Indonesia pada umumnya memiliki kecenderungan berubah dari tahun ke tahun dan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo yang rusak atau kritis mempersulit perkiraan besarnya jumlah aliran masukan di waduk Gajah Mungkur. Dikarenakan masih menggunakan metode manual sering terjadi selisih

antara peramalan produksi energi listrik PT Indonesia Power dengan data produksi yang dihasilkan PT Indonesia Power.

Sistem cerdas merupakan salah satu terobosan cara untuk mengatasi situasi tersebut. Sistem cerdas dengan metode Neuro Fuzzy yang merupakan hibrida dari metode *artificial neural network* dan logika fuzzy dalam penelitian ini digunakan untuk memodelkan peramalan deret waktu aliran waduk Gajah Mungkur yang diharapkan akan mampu memberikan solusi positif jangka panjang berupa kontinuitas ketersediaan energi yang maksimum. Zhu (2000) telah menunjukkan bahwa Neuro Fuzzy merupakan metode permodelan terbaik untuk menganalisis data numerik, karena dalam proses training didasarkan minimalisasi nilai kesalahan atau *root mean square error* (RMSE) dari *output*-nya.

**2. METODOLOGI**

Tahapan – tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 1. Diagram tahapan – tahapan penelitian**

**2.1 Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian Operasi Waduk Gajah Mungkur dan data harian Produksi Listrik PLTA Wonogiri tahun 2010 sampai 2014.

**2.2 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian yang digunakan adalah Data Operasi Waduk Gajah Mungkur dan Data Produksi Listrik PLTA Wonogiri harian, berikut adalah variabel-variabel tersebut:

- a. Data Produksi Listrik untuk pemakaian PLTA Wonogiri adalah energi listrik yang dihasilkan PLTA Wonogiri dengan satuan KwH. (Y)
- b. Data Operasi Waduk Gajah Mungkur :
  - 1) Elevasi muka air waduk dengan satuan Meter. (X1)
  - 2) Debit air yang masuk ke turbin dengan satuan m<sup>3</sup>/detik. (X2)

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Teknik pengembangan sistem menggunakan metode RUP (*Rational Unified Process*). Adapun hasil penelitian berdasarkan tahapan – tahapan yang terdapat dalam metode RUP sebagai berikut :

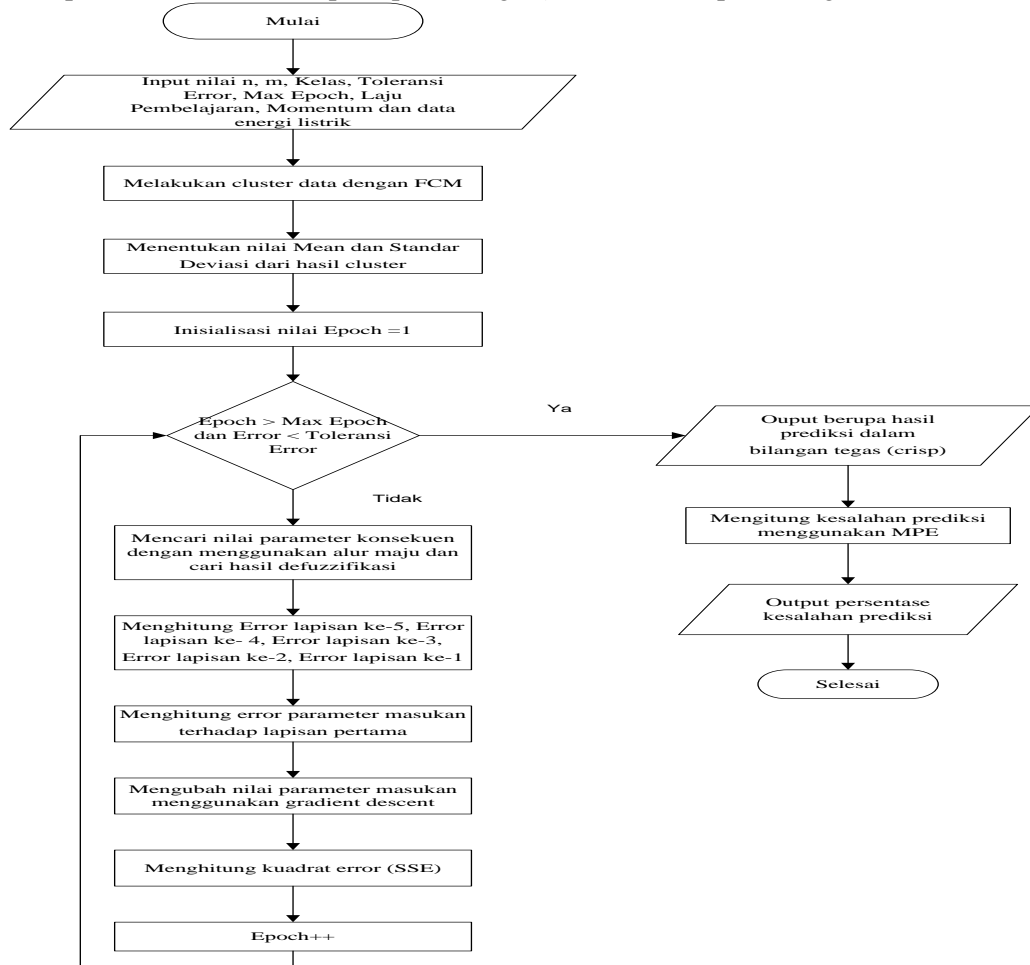
**3.1. Inception (Permulaan)**

Dalam penelitian ini simulasi prediksi energi listrik pemakaian sendiri dengan algoritma *neuro – fuzzy*, terdiri dari 3 input dan 1 output. *Neuro Fuzzy* yang akan dipakai dalam simulasi menggunakan bahasa pemrograman MATLAB menggunakan *Neuro Fuzzy* sugeno orde 1. Dalam bahasa pemrograman MATLAB, *Neuro Fuzzy* yang akan dibuat adalah untuk sistem inferensi logika kabur model sugeno orde satu dengan jumlah keluaran tunggal.

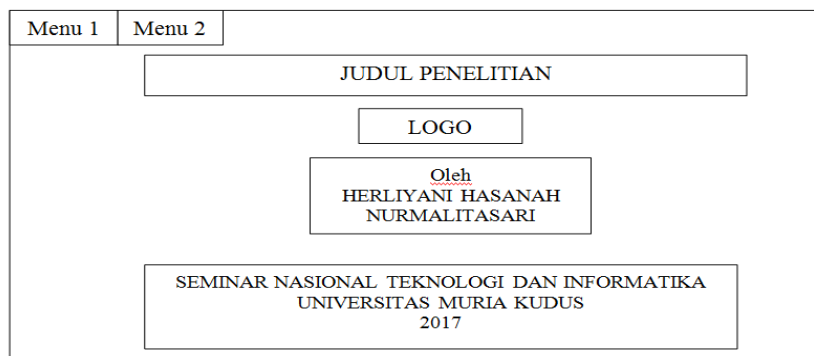
Sebelum dilakukan penelitian terhadap ANFIS dilakukan penentuan parameter awal. Untuk penentuan parameter dengan menggunakan Anfisedit yaitu Toolbox GUI anfis. Bentuk fungsi keanggotaan yang akan digunakan untuk proses pembelajaran adalah *membership funcion trimpf* (segitiga) dan *trapezoidal* (trapesium).

**3.2. Elaboration (Perluasan)**

Tahap ini lebih difokuskan pada perancangan *flowchart* dan perancangan antarmuka sistem.



**Gambar 2. Flowchart Algoritma Neuro Fuzzy pada Sistem**

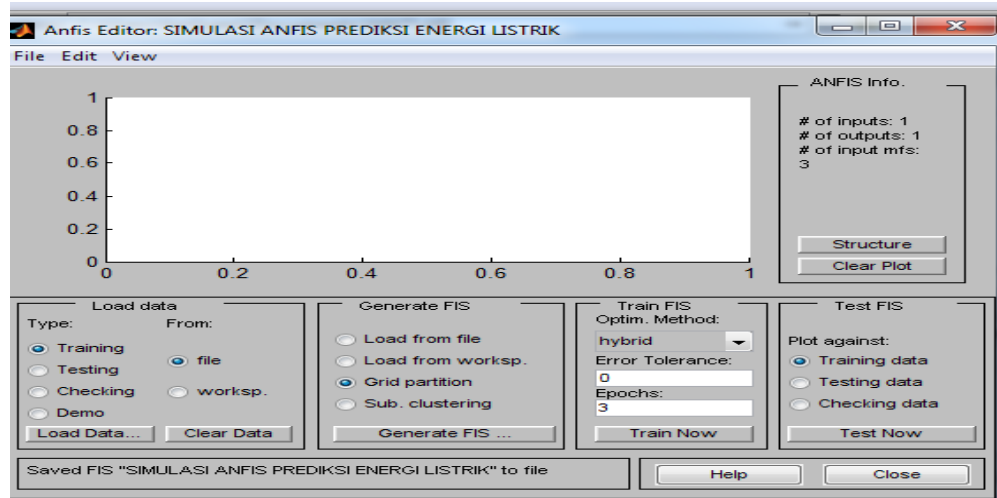


**Gambar 2. Perancangan GUI**

### 3.3. Construction (Pembuatan Simulasi Aplikasi Cerdas)

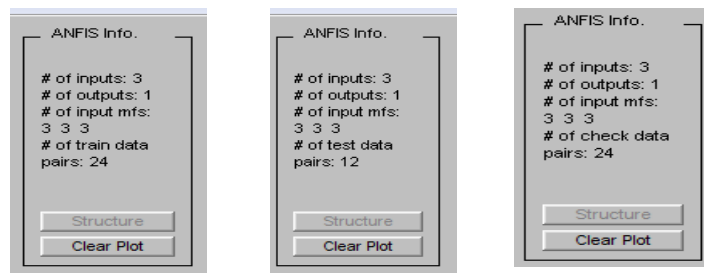
#### 3.3.1 Hasil Penelitian

Gambar 4 adalah tampilan “Anfis Editor : SIMULASI APLIKASI SISTEM CERDAS PREDIKSI ENERGI LISTRIK PEMAKAIAN SENDIRI”



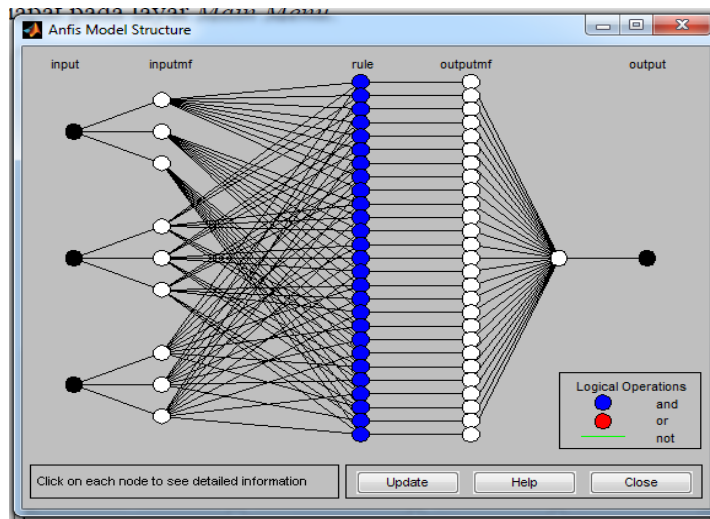
Gambar 4. Tampilan ANFIS GUI

Berikut akan dijelaskan untuk menjalankan setiap frame pada ANFIS GUI :



Gambar 5 Tampilan ANFIS Info

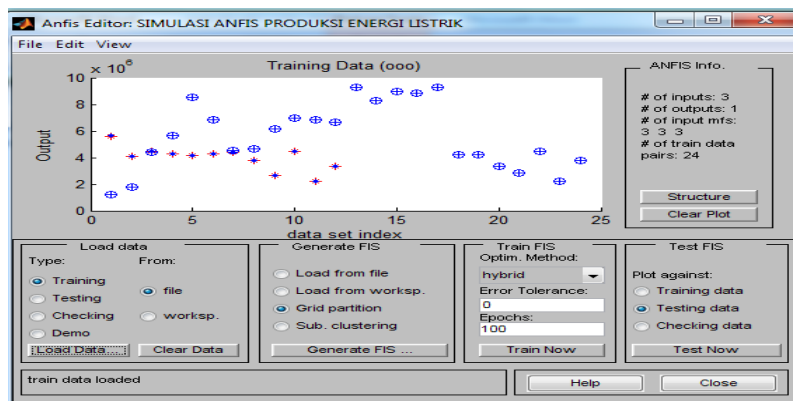
*ANFIS Info* yang berisi status jumlah input, output, *MF* input. Disini, data memiliki 3 variabel input dan 1 variabel output dalam pasangan data masing masing sebanyak 24, 12, dan 24. Jumlah *MF* untuk ketiga variabel input masing-masing sebesar 3. Tombol ”Structure” diklik untuk menampilkan layar *Structure*, sedangkan tombol ”Clear Plot” untuk membersihkan plot yang terdapat pada layar ANFIS GUI.



**Gambar 6. Tampilan Layar Structure**

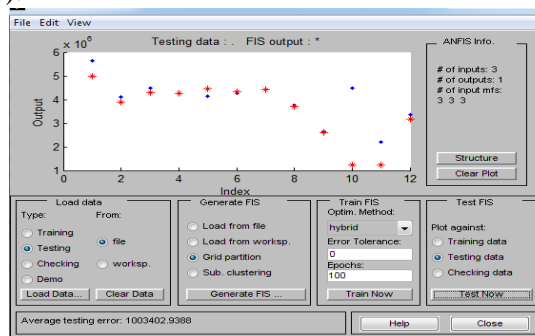
Setelah suatu FIS dibangun atau di-load, mengklik tombol “Structure” menampilkan representasi grafis dari struktur input outputnya. Gambar 6 adalah tampilan layar Structure.

Setelah data di-load, data ditampilkan ke dalam plot yang terdapat pada layar ANFIS GUI. Data pelatihan dicetak dengan tanda (○○), data pengujian dengan tanda (●●), dan data pengecekan dengan tanda (++) berwarna biru. (Gambar 7).



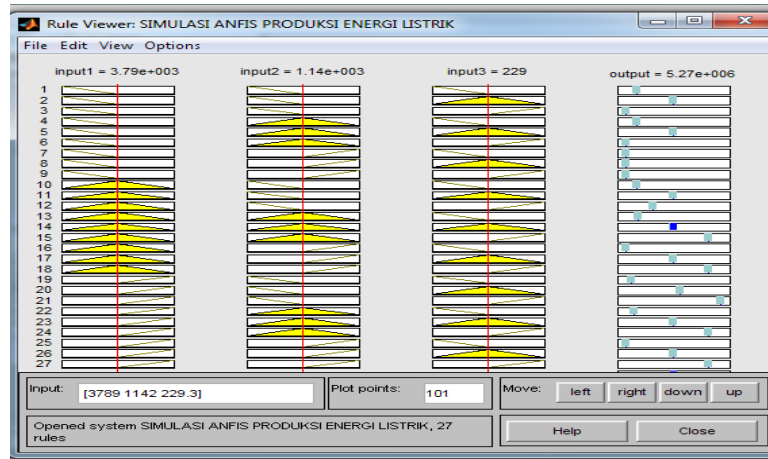
**Gambar 7. Tampilan Layar ANFIS GUI setelah data di-load**

Hasil pengujian diplot dan rata-rata galat dicetak ke dalam layar ANFIS GUI. Output ANFIS dicetak dengan tanda (\*) berwarna merah, sedangkan output data berwarna biru dengan tanda seperti sebelumnya (Gambar 8).



**Gambar 8. Tampilan Layar Main Menu setelah pengujian FIS**

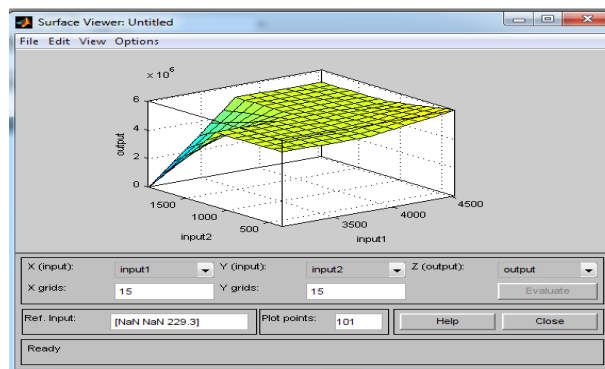
Gambar 9 adalah tampilan layar ANFIS GUI – Rule Viewer yang menampilkan roadmap dari keseluruhan proses inferensi fuzzy.



Gambar 9. Tampilan Layar ANFIS GUI – Rule Viewer

Terlihat 109 plot kecil dalam layar. Setiap aturan digambarkan dalam baris plot - plot, dan kolom menunjukkan variabel. Tiga kolom pertama (81 plot kuning) menunjukkan *MF-MF* yang direferensi anteseden, atau bagian *if* aturan. Kolom keempat (27 plot biru) menunjukkan *MF-MF* yang direferensi konsekuen, atau bagian *then* aturan. Plot di sudut kanan bawah merepresentasikan keputusan terbobot teragregasi. Nilai output defuzifikasi ditunjukkan oleh garis tebal yang melewati agregasi himpunan fuzzy.

Gambar 10 adalah tampilan layar *Surface Viewer*, untuk melihat keseluruhan permukaan output dari sistem, yaitu keseluruhan *span* himpunan output berdasarkan keseluruhan *span* dari himpunan input.

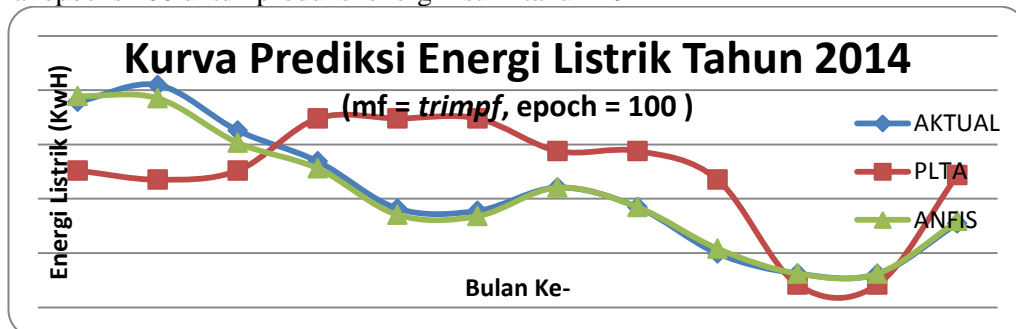


Gambar 10. Tampilan Layar Surface Viewer

### 3.3.2 Analisis Program

- a. Peramalan Hasil Pengujian ANFIS ( $mf = trimpf$ , epoch = 100 ) dengan Peramalan PLTA

Gambar 11 menunjukkan hasil peramalan ANFIS dengan fungsi keanggotaan segitiga dan nilai epochs 100 untuk produksi energi listrik tahun 2014



Gambar 11. Perbandingan Hasil Prediksi Energi Listrik Tahun 2014 dengan  $mf = trimpf$  dan epoch = 100

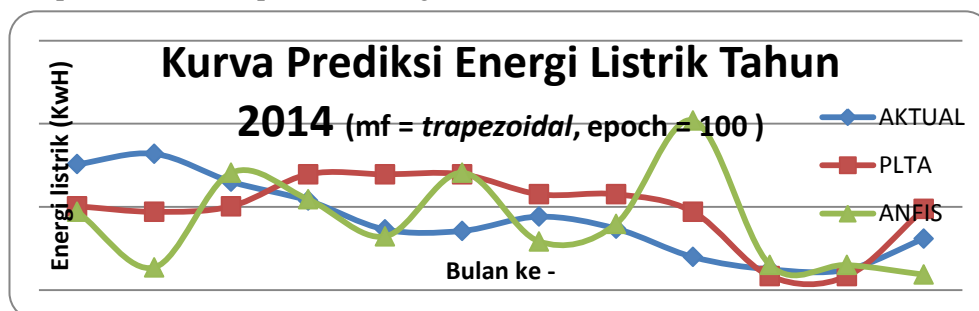
Tabel 1. menunjukkan besarnya energi listrik aktual, prediksi energi listrik dengan ANFIS dan prediksi energi listrik oleh PLTA. Selain itu, ditunjukkan pula besar *error* prediksi dan perhitungan statistik untuk mengetahui kekuratan prediksi ANFIS maupun PLTA setiap bulan.

**Tabel 1. Perbandingan Hasil Prediksi Energi Listrik dengan mf = *trimpf* dan epoch = 100**

Bulan	Energi Listrik (KwH)			Error Prediksi (%)	
	Energi listrik aktual	Prediksi ANFIS	Prediksi PLTA	Error ANFIS	Error PLTA
Januari	7566900	7783300	5040000	2.86	35.11
Februari	8190900	7701400	4704000	5.98	38.84
Maret	6512600	6060400	5040000	6.94	17.55
April	5378200	5116700	6960000	4.86	35.72
Mei	3638400	3407300	6960000	6.35	102.42
Juni	3554900	3358900	6960000	5.51	106.23
Juli	4414500	4413600	5760000	0.02	30.48
Agustus	3691400	3692400	5760000	0.03	56.04
September	1986790	2162700	4704000	8.85	116.10
Oktober	1243000	1244200	840000	0.10	32.42
November	1231200	1244300	840000	1.06	31.77
Desember	3090800	3180900	4872000	2.92	57.63
<i>Correlation Coefficient (R)</i>				0.996	0.45
<i>Mean Absolute Deviation (MAD)</i>				177409.167	2020134.17
<i>Mean Squared Error (MSE)</i>				5.8274E+10	5.2213E+12
<i>Mean Percentage Error (MPE)</i>				0.038	0.55
<i>Error minimum</i>				0.02	17.55
<i>Error maksimum</i>				8.85	116.10

Dari tabel 1 dapat diketahui besar *Correlation Coefficient (R)* ANFIS adalah 0.996 yang berarti korelasi sangat kuat, sedangkan prediksi PLTA 0.45 yang berarti korelasi cukup. Untuk besar *Mean Absolute Deviation (MAD)* ANFIS 177409.167 lebih kecil daripada PLTA 2020134.17. Besar *Mean Squared Error (MSE)* ANFIS 5.8274E+10 lebih kecil daripada PLTA 5.2213E+12. Besar *Mean Percentage Error (MPE)* ANFIS 0.038 lebih kecil daripada PLTA 0.55. *Error minimum* ANFIS yaitu sebesar 0.02% dicapai pada bulan Juli sedangkan *error maksimum* yaitu sebesar 8.85 % dicapai pada bulan September. Pada prediksi PLTA, *error minimum* yaitu sebesar 17.75% dicapai pada bulan Maret sedangkan *error maksimum* yaitu sebesar 116.10 % dicapai pada bulan September.

- b. Peramalan Hasil Pengujian ANFIS (mf = *trapezoidal*, epoch = 100 ) dengan Peramalan PLTA  
 Gambar 12 menunjukkan hasil peramalan ANFIS dengan fungsi keanggotaan trapesium dan nilai epochs 100 untuk produksi energi listrik tahun 2014.



**Gambar 12. Perbandingan Hasil Prediksi Energi Listrik Tahun 2014 dengan (mf = *trapezoidal*, epoch = 100 )**

Tabel 2 menunjukkan besarnya energi listrik aktual, prediksi energi listrik dengan ANFIS dan prediksi energi listrik oleh PLTA. Selain itu, ditunjukkan pula besar *error* prediksi dan perhitungan statistik untuk mengetahui kekuratan prediksi ANFIS maupun PLTA setiap bulan.

**Tabel 2. Perbandingan Hasil Prediksi Energi Listrik dengan mf = trapezoidal, epoch = 100**

Bulan	Energi Listrik (KwH)		Error Prediksi (%)		
	Energi listrik aktual	Prediksi ANFIS	Prediksi PLTA	Error ANFIS	Error PLTA
Januari	7566900	4706000	5040000	37.81	35.11
Februari	8190900	1360000	4704000	83.40	38.84
Maret	6512600	7053000	5040000	8.30	17.55
April	5378200	5451000	6960000	1.35	35.72
Mei	3638400	3227000	6960000	11.31	102.42
Juni	3554900	7056000	6960000	98.49	106.23
Juli	4414500	2922000	5760000	33.81	30.48
Agustus	3691400	3977000	5760000	7.74	56.04
September	1986790	10199000	4704000	413.34	116.10
Oktober	1243000	1504000	840000	21.00	32.42
November	1231200	1504000	840000	22.16	31.77
Desember	3090800	926000	4872000	70.04	57.63
<i>Correlation Coefficient (R)</i>				0.046	0.45
<i>Mean Absolute Deviation (MAD)</i>				2242200.83	2020134.17
<i>Mean Squared Error (MSE)</i>				1.1846E+13	5.2213E+12
<i>Mean Percentage Error (MPE)</i>				0.67	0.55
<i>Error minimum</i>				1.35	17.55
<i>Error maksimum</i>				413.34	116.10

Dari tabel 2 dapat diketahui besar *Correlation Coefficient (R)* ANFIS adalah 0.046 yang berarti korelasi sangat lemah, sedangkan prediksi PLTA 0.45 yang berarti korelasi cukup. Untuk besar *Mean Absolute Deviation (MAD)* ANFIS 2242200.83 lebih besar daripada PLTA 2020134.17. Besar *Mean Squared Error (MSE)* ANFIS 1.1846E+13 lebih besar daripada PLTA 5.2213E+12. Besar *Mean Percentage Error (MPE)* ANFIS 0.67 lebih besar daripada PLTA 0.55. *Error minimum* ANFIS yaitu sebesar 1.35 % dicapai pada bulan April sedangkan *error maksimum* yaitu sebesar 413.34 % dicapai pada bulan September. Pada prediksi PLTA, *error minimum* yaitu sebesar 17.75% dicapai pada bulan Maret sedangkan *error maksimum* yaitu sebesar 116.10 % dicapai pada bulan September.

### 3.4. Transition (Transisi)

Tahap ini lebih pada deployment atau instalasi agar dapat dimengerti oleh user dan aktifitas yang dilakukan

## 4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (3) Prediksi menggunakan *Neuro Fuzzy* dengan dengan fungsi keanggotaan *trimpf (segitiga)* dan besar epoch 100 memiliki performa prediksi yang paling baik dan konvergen. Dengan besar *Correlation Coefficient (R)* adalah 0.996 yang berarti korelasi sangat kuat.
- (4) Besar *Mean Absolute Deviation (MAD)* 177409.167. Besar *Mean Squared Error (MSE)* ANFIS 5.8274E+10. Besar *Mean Percentage Error (MPE)* 0.038. *Error*



minimum yaitu sebesar 0.02% dicapai pada bulan Juli sedangkan *error* maksimum yaitu sebesar 8.85 % dicapai pada bulan September.

- (5) Hasil prediksi energi listrik pemakaian sendiri dengan *Neuro Fuzzy* memiliki performansi yang lebih baik dibanding hasil prediksi PLTA dengan *Mean Percentage Error* (MPE) untuk prediksi *Neuro Fuzzy* 0.26 dan prediksi PLTA 0.55.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Fariza, A., Hellen, A. dan Rasyid, A. (2007). *Performansi Neuro Fuzzy Untuk Peramalan Data Time Series*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, Yogyakarta.
- Jang, J.-S. R. (1993). *ANFIS: Adaptive-networkbased fuzzy inference systems, IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*. 23(03):665-685
- \_\_\_\_\_ (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. NewJersey Prentice-Hall.
- Rosyadi, Imron. *Peramalan Aliran Masukan Waduk Mrica Menggunakan Model Thomas-Fiering dan Jaringan Syaraf Tiruan ANFIS*. *Dinamika Rekayasa* Vol. 7 No. 2 Agustus 2011 ISSN 1858-3075
- Sutojo, Edy Mulyanto, Vincent Suhartono. (2011). *Kecerdasan Buatan*. ANDI Yogyakarta.
- Triantisto dan Supardjan. (2007). *Notulensi Presentasi PT Indopower UBP Mrica di Lab. Hidraulika Teknik Sipil UGM*.
- Wen-Chuan Wang. (2009). *A comparison of performance of several artificial intelligence 2 methods for forecasting monthly discharge time series*. *Journal of Hydrology* Vol. 374 No. 3 - 4