

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

**Herliyani Hasanah**

Program Studi Teknik Informatika  
STMIK Duta Bangsa Surakarta  
Email: herlydb@gmail.com

**Nurmalitasari**

Program Studi Teknik Informatika  
STMIK Duta Bangsa Surakarta  
Email: nurmalitasari@stmikdb.ac.id

### ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik menjadi kebutuhan primer nasional. Dalam keberlangsungan proses produksi energi listrik pada pembangkitan – pembangkitan diperlukan energi listrik untuk pemakaian sendiri. Dalam penelitian ini dibangun sebuah aplikasi sistem cerdas untuk memprediksi energi listrik pemakaian sendiri di PT Indonesia Power sub unit PLTA Wonogiri. Pada penelitian ini menggunakan 2 kelompok *input*, yaitu *input* FIS (*Fuzzy Inference System*) dan *input* pada NN (*Neuro Fuzzy*). *Input* data merupakan data produksi harian energi listrik di PLTA Wonogiri selama kurun waktu 2010 – 2016. Variabel data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produksi listrik untuk pemakaian PLTA Wonogiri adalah energi listrik yang dihasilkan PLTA Wonogiri dengan satuan Kwh (f), elevasi muka air waduk dengan satuan meter (a1) dan debit air yang masuk ke turbin dengan satuan m<sup>3</sup>/detik (a2). *Output* yang diperoleh adalah pusat centroid (m), derajat keanggotaan (mf), bobot (w) dan konsekuen parameter (c). Dari hasil pengujian diperoleh keluaran dengan performansi yang optimal pada saat Fuzzy C Means 2 kelas dengan parameter laju pembelajaran 0.4, momentum 0.6 dengan besar *Mean Percentage Error* 0.377970875.

**Kata kunci:** prediksi, pemakaian sendiri, energi listrik, *fuzzy inference system*, *neuro fuzzy*.

### ABSTRACT

*The need for electrical energy becomes the national primary need. In the continuity of the production process of electrical energy in the generation of electricity generation required for own use. In this study built an intelligent system application to predict the power of electricity own use in PT Indonesia Power sub unit Wonogiri power plant. In this research use 2 input group, that is input of FIS (Fuzzy Inference System) and input on NN (Neuro Fuzzy). Data input is daily production data of electric energy at Wonogiri hydroelectric during 2010 - 2016 period. Variable of data used in this research is electricity production data for Wonogiri hydropower usage is electric energy generated Wonogiri hydro power with unit Kwh (f), water level elevation Reservoir with meter unit (a1) and water discharge entering turbine with unit / second (a2). The output obtained is centroid center (m), degree of membership (mf), weight (w) and consequent parameter (c). From the test results obtained output with optimal performance in Fuzzy C Means 2 class with the parameter of learning rate 0.4, momentum 0.6 with besar Mean Percentage Error 0.377970875.*

**Keywords:** prediction, own use, electrical energy, *fuzzy inference system*, *neuro fuzzy*.

### 1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik memegang peranan penting dalam segala aspek kehidupan, baik di dunia industri maupun di kalangan masyarakat. Seiring dengan pertumbuhan laju penduduk dan pelaku industri, kebutuhan listrik di setiap daerah akan berbeda tergantung pada pemakaian listrik di daerah tersebut sehingga penyediaan tenaga listrik berbeda di daerah yang satu dengan daerah yang lainnya. Pembangkit yang akan digunakan harus tepat agar permintaan dari konsumen maupun kebutuhan pemakaian sendiri untuk proses pembangkitan dapat terpenuhi.

Salah satu sumber energi listrik yang terbesar di Indonesia adalah air. Waduk Gajah Mungkur yang berada di Kabupaten Wonogiri adalah salah satu yang dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik. Waduk Gajah Mungkur memiliki 6 (enam) Daerah Aliran Sungai / DAS seluas 1.260 km<sup>2</sup> yaitu Sub DAS Keduang, Tirtomoyo, Temon, Bengawan Solo Hulu, Alang dan Ngunggungahan [1]. Penyediaan tenaga listrik untuk daerah Kabupaten Wonogiri dengan kapasitas maksimum 12,4 MW. PLTA Kabupaten Wonogiri mampu menghasilkan daya listrik 40 juta kwh/ tahun.

Pusat - pusat energi listrik selalu menggunakan sistem kelistrikan agar dapat memenuhi kebutuhan listrik untuk pemakaian sendiri. Sistem kelistrikan untuk pemakaian sendiri tersebut berfungsi untuk memasok tenaga listrik yang diperlukan untuk pemakaian (di dalam pusat listrik) sendiri. Pemakaian tersebut untuk memenuhi kebutuhan baik dalam kondisi pusat listrik tersebut beroperasi maupun tidak beroperasi. Karena hal tersebut sangatlah diperlukan sebuah prediksi untuk mengetahui berapa besar energi listrik yang dihasilkan untuk pemakaian sendiri.

Pada penelitian hasanah, 2017 telah dibuat perancangan aplikasi sistem cerdas untuk prediksi energi listrik pemakaian sendiri dengan menggunakan anfisedit yaitu Toolbox GUI anfis. Perancangan tersebut menghasilkan bahwa simulasi yang memiliki performa yang paling baik dan konvergen adalah prediksi dengan fungsi keanggotaan *trimf* (segitiga) dengan besar *Correlation Coefficient* ( R ) yaitu 0.996 [2]. Pada penelitian ini akan dibuat aplikasi sistem cerdas prediksi energi listrik pemakaian sendiri dengan menggunakan metode Neuro Fuzzy.

Dalam penelitian ini menggunakan metode Neuro Fuzzy. Neuro Fuzzy yang digunakan adalah *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* atau *Adaptive Network Based Fuzzy Inference System*. ANFIS merupakan sistem inferensi fuzzy berbasis jaringan saraf adaptif, atau sistem inferensi fuzzy berbasis jaringan adaptif. Kelebihan ANFIS adalah kemampuan proses pembelajaran, seperti yang dimiliki oleh jaringan saraf tiruan [3]. Selain itu, Neuro Fuzzy merupakan metode permodelan terbaik untuk menganalisis data numerik, karena dalam proses training didasarkan minimalisasi nilai kesalahan atau

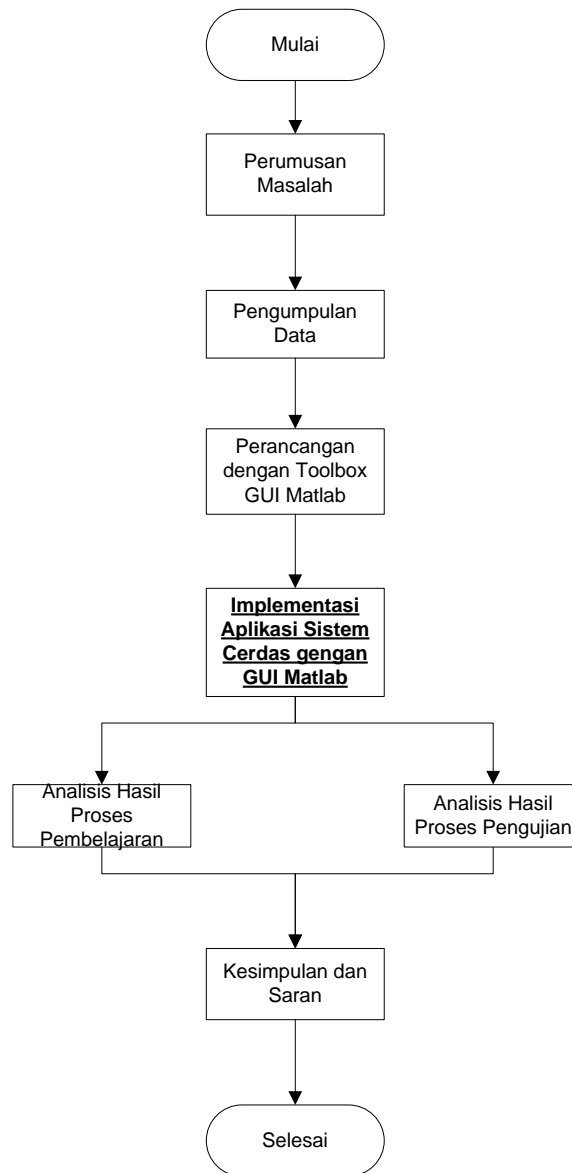
*root mean square error* (RMSE) dari *output*-nya [4]. Adapun rumus RMSE adalah  $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$  dengan  $\hat{y}_i$  merupakan prediksi nilai  $y$  ke-  $i$  berdasarkan model yang dibuat dan  $n$  adalah jumlah data.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan. Urutan tahapan ditunjukkan pada gambar 1. Penjelasan dari tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a) Perumusan Masalah  
Tahapan perumusan masalah merupakan tahapan dimana melaksanakan diskusi di tempat penelitian dan bersama – sama merumuskan masalah terkait dengan prediksi energi listrik pemakaian sendiri di PT Indonesia Power Sub Unit PLTA Wonogiri.
- b) Pengumpulan Data  
Metode pengumpulan data yang dilaksanakan dalam penelitian ini menggunakan 3 metode, yaitu studi literature, studi lapangan dan studi kepustakaan.
- c) Perancangan Sistem Cerdas  
Perancangan sistem cerdas ini menggunakan Toolbox GUI Matlab.
- d) Pembuatan Aplikasi Sistem Cerdas untuk Prediksi  
Dalam pembuatan aplikasi ini menggunakan Bahasa Pemrograman MATLAB, dengan data inputan berupa data yang di *import* dari Microsoft Excell.
- e) Analisis Hasil  
Analisa yang dilakukan dalam tahapan ini adalah menganalisa hasil prediksi dari aplikasi dengan hasil aktual produksi energi listrik. Dalam analisa ini dilakukan analisa hasil pembelajaran dan analisa hasil pengujian.
- f) Kesimpulan dan Saran  
Pada tahap terakhir yang dilaksanakan adalah merumuskan kesimpulan akan keseluruhan tahap penelitian dan memberikan saran untuk pengembangan penelitian berikutnya.



**Gambar 1. Tahapan Penelitian**

## **2.2 Pengumpulan Data**

### **2.2.1 Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data terkait dengan data pembangkitan PLTA Wonogiri tahun 2010 sampai 2016.

### **2.2.2 Variabel Penelitian**

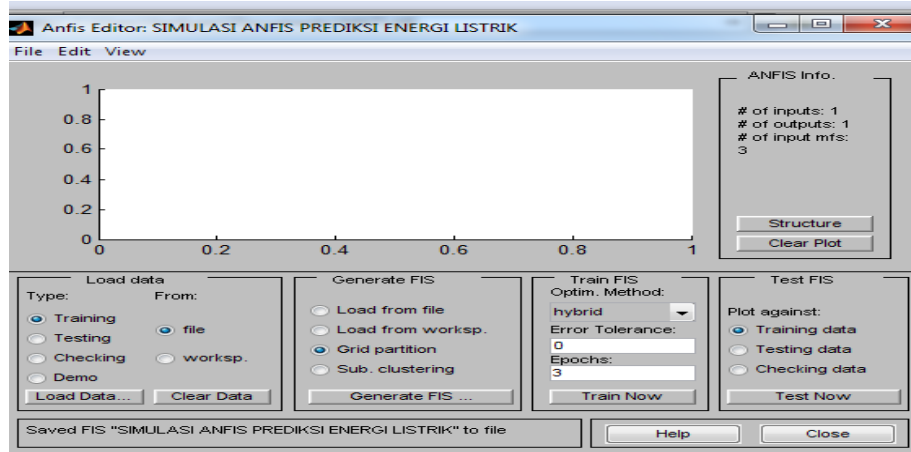
Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Energi listrik yang dihasilkan PLTA Wonogiri dengan satuan Kwh. (f)
- 2) Data Operasi Waduk Gajah Mungkur :
  - a) Elevasi muka air waduk dengan satuan Meter. (a1)
  - b) Debit air yang masuk ke turbin dengan satuan  $m^3$ /detik. (a2)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

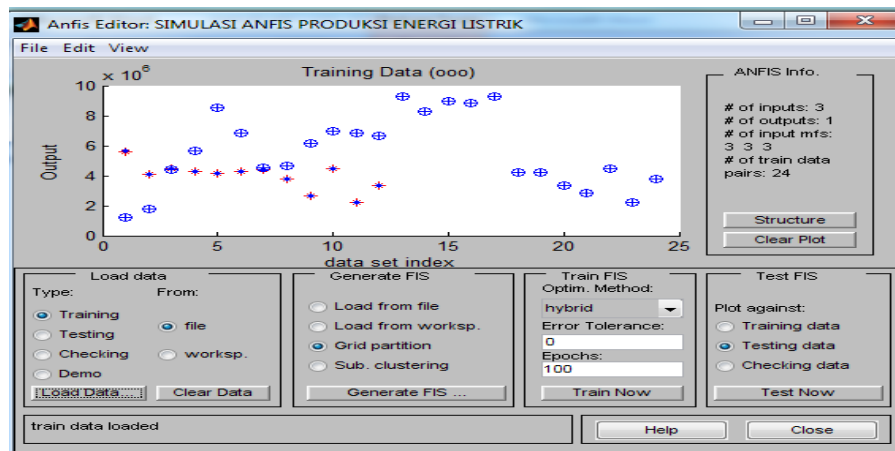
#### 3.1 Perancangan Dengan Toolbox GUI Matlab

Berdasarkan tahapan penelitian yang ada pada gambar 1, tahapan setelah pengumpulan data yaitu tahapan perancangan. Pada tahapan perancangan ini dilakukan dengan Toolbox GUI Matlab. Gambar 2 ini merupakan tampilan Anfis Editor :



Gambar 2. Tampilan Toolbox GUI

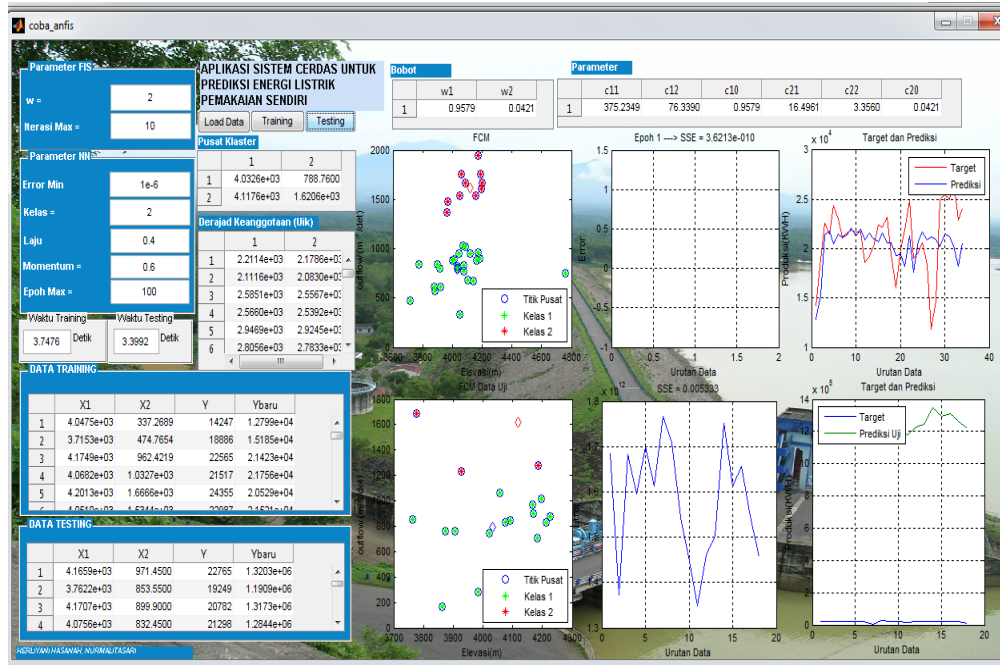
Setelah data dimasukkan, data akan ditampilkan ke dalam plot yang terdapat pada layar *Anfis Editor GUI*. Data *training* dicetak dengan tanda (○), data *testing* dengan tanda (●), dan data pengecekan dengan tanda (++) berwarna biru. (Gambar 3).



Gambar 3. Tampilan Layar ANFIS Editor GUI Setelah Data Dimasukkan

#### 3.2 Implementasi GUI

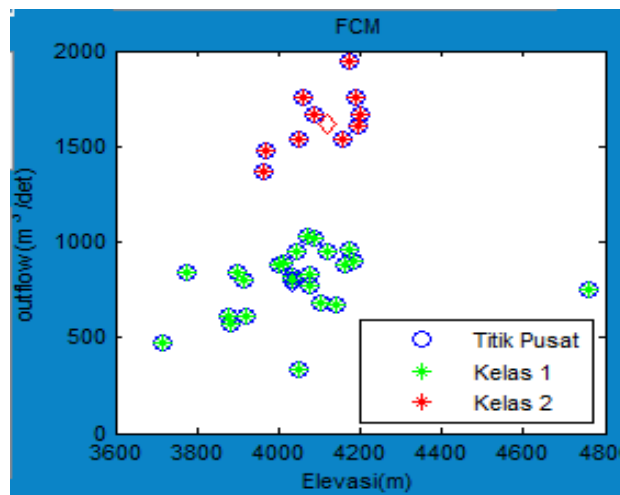
Gambar 4 memperlihatkan tentang running program prediksi energi listrik pemakaian sendiri yang merupakan tahapan pembuatan implementasi sesuai dengan tahapan penelitian yang ada pada gambar 1. Pada program GUI matlab yang dirancang, terdapat 2 kelompok input, yaitu *input FIS (Fuzzy Inference System)* dan *input pada NN (Neuro Fuzzy)*. Input data merupakan data produksi harian energy listrik di PLTA Wonogiri selama waktu 2010 – 2016. *Output* yang diperoleh adalah pusat centroid (m), derajat keanggotaan (mf), bobot (w) dan konsekuen parameter (c).



Gambar 4. Tampilan GUI Aplikasi

### 3.3 Proses Pembelajaran

neuro fuzzy 2 kelas akan dijelaskan tentang hasil proses pembelajaran dan pengujian. Pada proses pembelajaran ini dilakukan proses pencarian kecenderungan masuk kluster. Data digolongkan berdasarkan jarak terdekat dari pusat kelas, dengan metode FCM (*Fuzzy C Means*) inisialisasi pusat kelas. Pengkelasan dari FCM, dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengkelasan FCM 2 Kelas

Pada awal proses, dibangkitkan derajat keanggotaan tiap *input* secara acak. Berikutnya rerata dari perkalian tiap *input* dengan derajat keanggotaan, akan menghasilkan pusat kelas. Pada penelitian ini, kelas yang dihasilkan adalah 2, yaitu kelas C1 dan kelas C2. Dari pusat kelas, akan dihitung nilai jarak antara tiap *input* dengan pusat kelas. Hasil dari perhitungan jarak disebut dengan fungsi objektif, fungsi objektif inilah yang kemudian akan dibandingkan dengan fungsi objektif sebelumnya untuk menyatakan lanjut iterasi atau sudah sesuai dengan *error* minimal yang dihasilkan. Pada gambar 3 didapatkan bahwa, C1 mempunyai anggota 23 pasangan data dan C2 mempunyai anggota 11 pasangan data.

Setelah dilakukan perhitungan kecenderungan klaster, berikutnya dilakukan perhitungan lapisan ke-1. Awalnya adalah dengan mencari nilai rerata dan nilai standart deviasi dari tiap kelas dari nilai *input*. Hasil dari nilai rata-rata dan standart deviasi diperlihatkan pada tabel 1.

**Tabel 1. Nilai rata-rata dan standart deviasi 2 kelas**

<i>Rerata</i>		
<i>No</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>
1	-8.64E+77	1.43E+79
2	-2.37E+74	4.59E+76
<i>Standart Deviasi</i>		
<i>No</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>
1	1.61E+79	-3.18E+79
2	3.75E+74	-4.41E+77

*Output* dari lapisan 1 yang merupakan nilai derajat keanggotaan dari data *input*. Tabel yang dihasilkan terdiri dari 2 pasangan nilai  $\mu$ , yaitu  $\mu_A$  dan  $\mu_B$ . Nilai  $\mu$  didapatkan dari fungsi keanggotaan *gbell*.

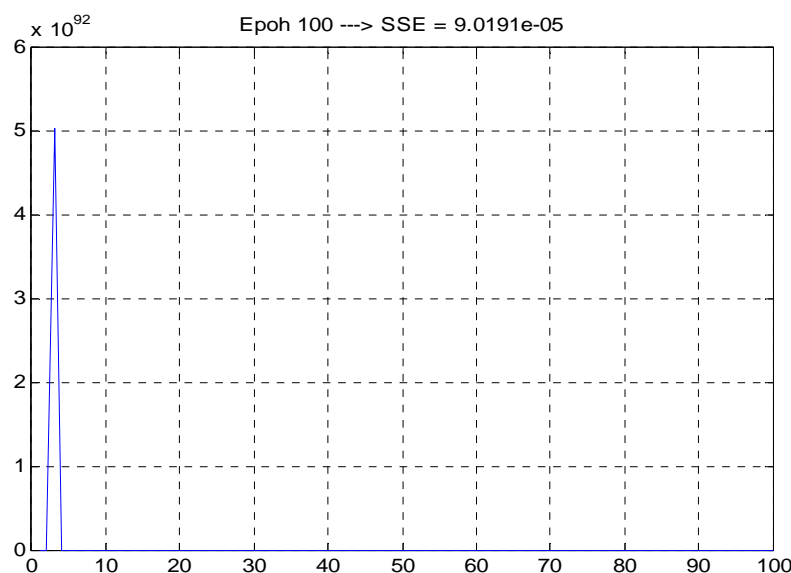
Lapisan 2 merupakan lapisan aturan, dimana aturan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah aturan AND, hasil pada lapisan aturan ini berikutnya disebut dengan bobot. Setelah dilakukan perhitungan aturan dari masing-masing *input* data, lapisan berikutnya adalah perhitungan normalisasi dari aturan. *Output* dari lapisan 2 dan lapisan 3.

Hasil dari lapisan 3 kemudian digunakan untuk mengerucutkan keputusan yang disebut dengan lapisan konsekuen. Lapisan 4 ini akan menghasilkan parameter konsekuen optimal dari proses iterasi, yang kemudian akan dijadikan sebagai patokan rumusan data pengujian. Pasangan data yang terbentuk dari proses lapisan 4.

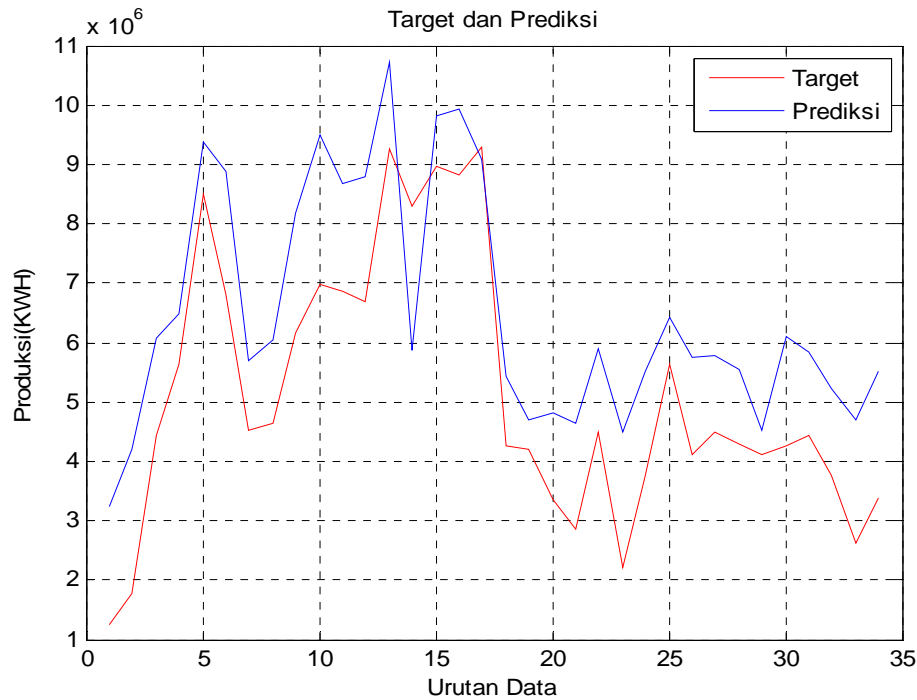
Nilai  $c_{11}$ ,  $c_{12}$ ,  $c_{10}$ ,  $c_{21}$ ,  $c_{22}$  dan  $c_{20}$ , merupakan nilai persamaan yang akan dipakai untuk menghitung nilai prediksi yang mempunyai nilai *error* yang mendekati nilai *error* minimal, dengan menggunakan proses rekursif. Hal inilah yang menyebabkan lapisan 5 disebut sebagai lapisan agregasi.

### 3.3 Proses Pengujian

Proses perhitungan akan berlanjut berdasarkan nilai *error* minimal dan *error* total rekursif atau yang biasa disebut dengan nilai SSE. Nilai SSE inilah yang dijadikan sebagai ukuran performansi dari sistem. Gambar yang dihasilkan oleh grafik rekursif adalah grafik plot yang perkembangan total *error* dari beberapa iterasi rekursif (*Epochs*). Hasil SSE dari grafik *Epochs* diperlihatkan pada gambar 6. Secara grafik akan terlihat, apakah nilai prediksi sudah mendekati nilai target ataukah belum, dapat dilihat pada gambar 7.



**Gambar 6. Grafik Epochs Data Training 2 Kelas**



**Gambar 7. Grafik Target Dan Prediksi Data Pembelajaran 2 Kelas**

Untuk berikutnya, akan dibandingkan nilai target output dan target prediksi, dan akan dicari pasangan nilai yang optimum, yaitu nilai yang mendekati target yang diharapkan ataupun nilai yang mempunyai nilai *error* terkecil dari proses pengujian yang ditunjukkan pada tabel 2.

**Tabel 2. Perbandingan nilai target output dan target prediksi**

<i>Data Ke-</i>	<i>Input</i>		<i>Target Output (f)</i>	<i>Prediksi Output (f)</i>	<i>Erorr (%)</i>
	<i>a1</i>	<i>a2</i>			
1	4047.49	337.2689	14247	1.28E+04	10.163543
2	3715.32	474.7654	18886	1.52E+04	19.596527
3	4174.945	962.4219	22565	2.14E+04	5.0609351
4	4068.235	1032.71	21517	2.18E+04	1.1107496
5	4201.262	1666.638	24355	2.05E+04	15.7093
6	4051.032	1534.35	22987	2.15E+04	6.3775177
7	4159.92	881.8	21161	2.11E+04	0.203204
8	4119.725	947.205	21640	2.14E+04	0.9334566
9	3962.595	1364.33	21854	2.21E+04	1.1668344
10	4086.425	1671	21679	2.13E+04	1.8589418
11	3970.405	1475.05	21660	2.20E+04	1.4912281
12	4158.935	1536.4	18611	2.09E+04	12.465746
13	4174.975	1947.64	19235	2.16E+04	12.440863
14	3774.705	842.45	20165	2.10E+04	3.9127201
15	4190.88	1758.75	22423	2.07E+04	7.8758418
16	4060.62	1758.09	22199	2.16E+04	2.7523762
17	4196.285	1602.3	23175	2.06E+04	11.050701
18	4035.65	802.83	19430	2.06E+04	6.1811631
19	4143.305	668.1	16054	1.93E+04	20.362526

<i>Data Ke-</i>	<i>Input</i>		<i>Target Output (f)</i>	<i>Prediksi Output (f)</i>	<i>Erorr (%)</i>
	<i>a1</i>	<i>a2</i>			
20	4101.61	681.665	20013	1.94E+04	2.8181682
21	3921.045	610.95	21879	1.83E+04	16.559258
22	4013.735	892.4	24850	2.13E+04	14.422535
23	3880.03	575.15	19016	1.76E+04	7.4989483
24	4031.075	819.5	19651	2.08E+04	5.6689227
25	4084.62	1020.7	20604	2.17E+04	5.3339157
26	3899.27	840.25	18397	2.09E+04	13.806599
27	4186.46	903.5	11847	2.12E+04	78.939816
28	4075.567	832.45	14748	2.09E+04	41.409005
29	4761.685	753.85	24932	2.02E+04	19.168137
30	4041.72	946.165	25510	2.15E+04	15.656605
31	4000.49	879.75	24987	2.12E+04	15.171889
32	4077.715	767.75	26990	2.03E+04	24.660986
33	3877.62	612.25	22916	1.82E+04	20.548961
34	3917.31	796.95	24065	2.06E+04	14.55641
Rerata			21007.2941	20336.7941	12.85101
				<i>Correlation Coefficient (R)</i>	0.340236028
				<i>Mean Absolute Deviation (MAD)</i>	2494.088235
				<i>Mean Squared Error (MSE)</i>	10200937.37
				<i>Mean Percentage Error (MPE)</i>	0.377970875

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan dari bab sebelumnya maka dapat memberikan kesimpulan :

- a) Hasil prediksi dari aplikasi sistem cerdas diperoleh besar *Mean Percentage Error (MPE)* 0.377970875 dengan parameter laju pembelajaran 0.4, momentum 0.6
- b) Perbandingan hasil prediksi aplikasi sistem cerdas dan hasil produksi energy listrik untuk pemakaian sendiri secara aktual PLTA diperoleh hasil output optimal yang mendekati dengan nilai target pada saat kelas = 2, parameter laju pembelajaran 0.4, momentum 0.6.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jadmiko, Sigit. 2013. "Banjir Tahunan Sub Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu 3 dengan Sistem Informasi Geografis". *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 74-81.
- [2] Hasanah, Herliyani. (2017). "Perancangan Aplikasi Sistem Cerdas untuk Prediksi Energi Listrik Pemakaian Sendiri di PT Indonesia Power Sub Unit PLTA Kabupaten Wonogiri. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Informatika*. Universitas Muria Kudus, hal. 33-42
- [3] Widrow, B., Stearns, S.D. 1985. *Adaptive Signal Processing*. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [4] Jang, J.-S. R. (1993). *ANFIS: Adaptive-networkbased fuzzy inference systems, IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*. 23(03):665-685
- [5] Jian-Yi Lin, Chun-Tian Cheng, Ying-Guang Sun, Kwokwing Chau. (2005). *Long-Term Prediction of Discharges in Manwan Hydropower using Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems Models*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3612, pp. 1152-1161