

PERAMALAN BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK MENGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) DI GARDU INDUK NUSA DUA BALI

I Made Satriawan¹, I Made Mataram², A. A. Ngurah Amrita³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : satriawankdk@gmail.com¹, mataram@unud.ac.id², ngr_amrita@unud.ac.id³

Abstrak

Beban listrik di Nusa Dua Bali mengalami peningkatan dari tahun 2013-2017 rata-rata sebesar 11,83%. Meningkatnya beban listrik menuntut penyedia layanan energi listrik mampu menyesuaikan kebutuhan beban konsumen sehingga meningkatkan keandalannya. Adapun upaya yang dapat dilakukan adalah dengan meramalkan beban listrik. ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam peramalan beban listrik. Metode ANFIS mampu menjelaskan proses penalaran dan melakukan proses *learning* data. Penelitian ini menggunakan data beban listrik, suhu, kelembaban dan waktu. Data suhu dan kelembaban dipilih karena perubahan suhu dan kelembaban mempengaruhi pola kebiasaan masyarakat dalam menggunakan pendingin ruangan (pola beban listrik). Pola beban listrik dilatih sebanyak 100 kali menggunakan ANFIS dengan tipe fungsi keanggotaan yang digunakan adalah *trimf*, dan jumlah fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel [3 3 3 3]. Indikator dalam menentukan tingkat keakuratan pola beban listrik hasil peramalan dengan pola beban listrik aktual dengan menggunakan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), dimana standar nilai MAPE yang bagus adalah kurang dari 10%. Hasil Pengujian nilai MAPE menunjukkan nilai 6,98%.

Kata kunci : Peramalan, Beban listrik, ANFIS, MAPE

Abstract

*Electric load in Nusa Dua Bali has increased from 2013-2017 by an average of 11.83%. The increase in electric load requires the electrical energy service provider to be able to adjust the electricity demand and be able to increase its reliability, The effort that can be done is to predict the electric load. Electric load forecasting can be done by various methods, ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) is one method that is often used in forecasting electrical loads. ANFIS is able to explain the reasoning process and do data learning. The data used are the electric load, temperature, humidity and time, the data was chosen because changes in temperature and humidity affect people's habitual patterns in using air conditioners (electric load patterns). The electric load pattern is trained 100 times using ANFIS with the type of membership function is *trimf*, and [3 3 3 3] is the number of membership function. The indicator to determining the accuracy of the electrical load forecasting pattern results with the real electric load pattern used the MAPE (Mean Absolute Percentage Error) value, which the MAPE standard value that good is less than 10%. The test results from this study produced a MAPE value of 6.98%.*

Keywords: Forecasting, Electric Loads, ANFIS, MAPE

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik sudah menjadi kebutuhan utama bagi kehidupan manusia sekarang ini. Penggunaan energi listrik selalu mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Peningkatan beban listrik mengharuskan penyedia layanan energi listrik mampu menangani peningkatan beban listrik, sehingga mampu meningkatkan keandalan dan kualitasnya.

Salah satu cara dalam mengatasi peningkatan tersebut adalah dengan meramalkan beban listrik untuk kedepannya. Secara umum peramalan beban listrik dapat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu tahap mengumpulkan data, mengolah, dan menentukan metode [1]. Pada tahap pengumpulan data, data yang dikumpulkan adalah data beban listrik, suhu dan kelembaban. Penggunaan variabel

suhu dan kelembaban dikarenakan perubahan suhu dan kelembaban mempengaruhi pola pemakaian pendingin ruangan yang merupakan kebiasaan umum bagi masyarakat ketika suhu terasa panas. Tentunya hal ini akan berdampak pada pola pemakaian listrik. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah menggunakan program Matlab 2013 dengan metode ANFIS.

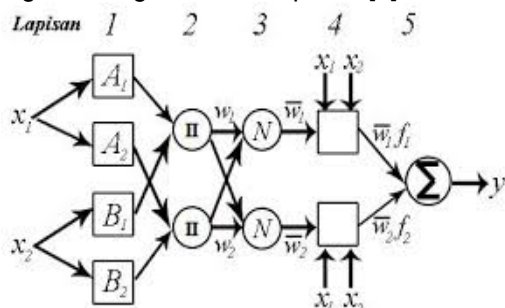
Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian di berbagai negara mengenai penggunaan variabel suhu dan kelembaban dalam peramalan beban listrik. Penelitian mengenai peramalan beban listrik di Nigeria menggunakan input data berupa suhu dan kelembaban untuk mendapatkan output beban listrik. Metode yang diuji adalah *fuzzy logic* menggunakan fungsi keanggotaan *trimf*. Hasil yang di dapatkan bahwa untuk peramalan beban jangka panjang menunjukkan hasil yang sangat bagus. Keandalan dari hasil peramalan tersebut mendapatkan nilai MAPE sebesar 6.9 % [2]. Peramalan Beban Listrik yang dilakukan di India menggunakan data beban dan cuaca setiap 15 menit dengan metode ANFIS. Rata-rata presentase kesalahan absolut/ MAPE yang didapatkan untuk hari rabu biasa sebesar 2.23% [3]

Berlandaskan hal tersebut selanjutnya dilakukan penelitian mengenai peramalan beban listrik jangka pendek di gardu induk Nusa Dua Bali berdasarkan data historis beban listrik, suhu, kelembaban dan waktu menggunakan metode ANFIS.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Metode ANFIS

ANFIS merupakan penggabungan dua metode AI (*Artificial Intelligence*) antara ANN dan *fuzzy logic*, untuk mendapatkan algoritma agar lebih sempurna [4].



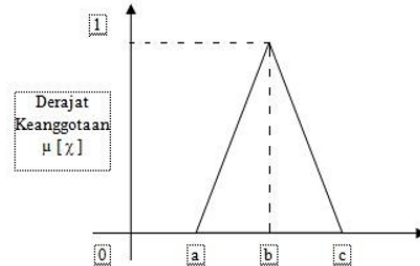
Gambar 1 Arsitektur ANFIS [5]

Lapisan pertama disebut fuzzifikasi. Pada lapisan kedua, masing-masing bobot

aturan dihitung menggunakan operasi AND. Pada layer 3, nilai-nilai dinormalisasi dan pada layer 4 proses defuzzifikasi. Pada layer 5, Hasil *output* keseluruhan sistem [6].

2.2 Fungsi Keanggotaan Segitiga (Trimf)

Kurva segitiga merupakan pertemuan antara 2 garis pada satu titik (b) sehingga berbentuk segitiga [7].



Gambar 2 Grafik representasi kurva segitiga [8]

$$(x, a, b, c) \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, b \leq x \leq c \\ 0, c \leq x. \end{array} \right. \dots\dots\dots(1)$$

2.3 Normalisasi dan Denormalisasi Data

Normalisasi data adalah proses pengecilan range data, agar nantinya membantu dalam mempercepat proses perhitungan [9].

$$X' = \frac{x-b}{a-b} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- X' = nilai hasil normalisasi
- x = nilai yang akan dinormalisasi
- b = nilai minimum data
- a = nilai maksimum data

Setelah data masukan di normalisasi dan mendapatkan hasil keluaran ANFIS, maka selanjutnya hasil keluaran ANFIS di Denormalisasi dengan persamaan 3.

$$z = (X'(a - b)) + b) \dots\dots\dots(3)$$

2.4 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE merupakan indikator presentase kesalahan antara data aktual dengan data peramalan. Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n} \right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- X_t = Data aktual
- F_t = Data Hasil peramalan
- n = (Banyaknya data)

Model peramalan akan sangat baik bila menghasilkan nilai MAPE yang kurang

dari 10% dan akan bernilai buruk bila berada diatas 50% [10]. Kriteria nilai MAPE ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kategori Nilai MAPE

Nilai MAPE	Kriteria
<10%	Sangat Baik
10-20%	Baik
20-50%	Cukup
>50%	Buruk

3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Analisis

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data beban listrik per 3 jam pada tahun 2017 yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Sub Unit Pengatur Beban Bali, suhu dan kelembaban diperoleh dari BMKG dan *www.worldweatheronline.com*. Data tahun 2017 digunakan, karena data tersebut memiliki data yang lengkap dan sedikit terdapat data yang mengalami kerusakan. Tabel 2. Menunjukkan data yang digunakan dalam pelatihan.

Tabel 2. Data Latih ANFIS

INPUT DATA					TARGET
NO	Beban(MW)	Suhu(C)	Kelembaban (%)	Jam	Beban (MW)
1	62.878483	25	86	0	70.985911
2	56.181483	25	87	3	54.599548
3	55.318924	26	82	6	54.229124
4	68.228338	28	75	9	64.577712
5	73.634081	28	76	12	70.242981
6	73.922148	27	81	15	71.152999
7	72.306254	26	86	18	70.972216
8	84.141081	25	86	21	70.40352
.....
.....
49	43.20874	26	83	0	47.439459
50	39.203645	26	84	3	41.725734
51	41.354346	27	81	6	41.843639
52	52.579317	26	83	9	54.772584
53	54.405361	27	83	12	52.825779
54	52.206819	26	85	15	50.999515
55	57.705992	25	86	18	54.699725
56	56.466074	26	85	21	53.024496

3.2 Alur Analisis

Alur metode penelitian ini memiliki tahap-tahap sebagai berikut:

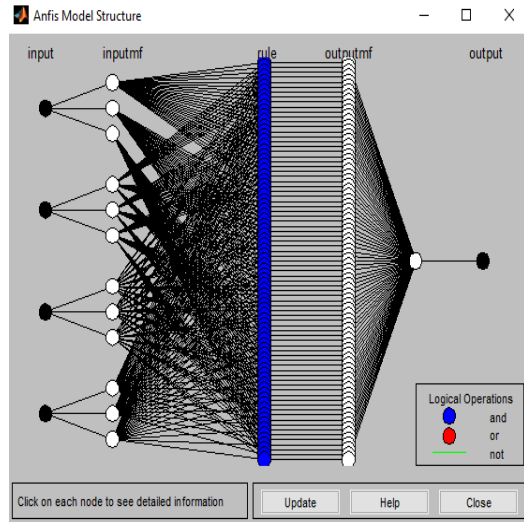
1. Pengumpulan data berupa data beban listrik, suhu dan kelembaban
2. Memilih data yang akan di *training*
3. Data masukan data beban listrik, suhu, kelembaban dan waktu terlebih dahulu di normalisasi
4. Memilih atau menentukan fungsi keanggotaan
5. Memilih dan menentukan *error tolerance* dan *max epoch* yang akan digunakan

6. Proses pelatihan atau *training* data
7. Validasi FIS (apakah FIS sudah mampu mendekati target)
8. Pengujian FIS dengan data *inputan* baru
9. Denormalisasi hasil peramalan ANFIS
10. Menghitung nilai MAPE

3.3 Struktur dari Model ANFIS

Pada penelitian ini akan menggunakan 4 *input* (Beban listrik, suhu kelembaban, dan waktu) menghasilkan 1 *output* berupa beban listrik. Fungsi

keanggotaan berjumlah [3 3 3 3], jenis fungsi *trimf* menghasilkan 81 aturan. *Max Epoch* yang digunakan adalah sebesar 100.



Gambar 3 Struktur ANFIS Matlab

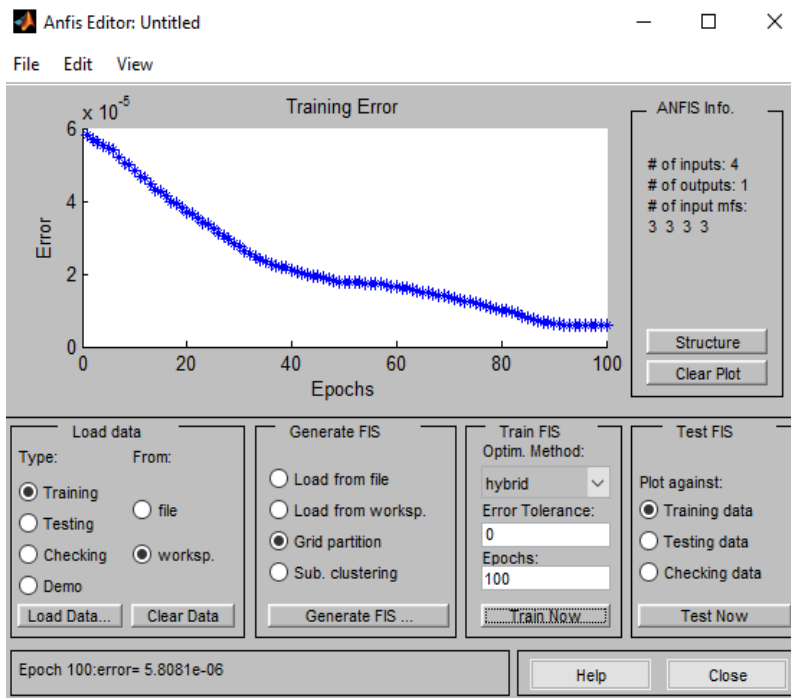
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Peramalan Beban listrik Jangka Pendek

Dalam studi kasus ini ANFIS melatih data yang digunakan sebagai *inputan* yaitu menggunakan data harian setiap 3 Jam. Data yang digunakan 1 Jan 2017, 15 Jun 2017, 17 Agustus 2017, 15 September 2017, 30 Oktober 2017, 9 November 2017, 19 November 2017.

1. Proses *Training* Menggunakan Fungsi Keanggotaan *Trimf*

Pada tahap ini FIS dilatih agar hasil keluaran dari FIS nantinya sama dengan target atau mendekati target data. Pada tahap ini dapat dilihat tingkat error pada ANFIS. Hasil training ANFIS dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4 Hasil *Training* Menggunakan Fungsi Keanggotaan *Trimf*

Berdasarkan gambar 4 dapat dianalisa bahwa proses pelatihan menghasilkan nilai *error* terkecil sebesar $5,80807e-06$ ketika *epoch* 93. Meskipun *epoch* ditambahkan, tidak akan mempengaruhi nilai *error* yang sudah didapatkan karena nilai *error* yang dihasilkan sudah merupakan nilai yang paling terkecil.

4.2 Pengujian ANFIS

Setelah pelatihan jaringan ANFIS selesai kemudian FIS akan diuji dengan data baru yaitu data 2-8 jan 2018. Gambar 5. Menunjukkan gambar plot pengujian data.

Output model dibandingkan dengan beban aktual dan kinerjanya di evaluasi dengan menggunakan (MAPE), yang merupakan indikator kesalahan statistik yang sering digunakan dalam mengevaluasi studi peramalan. MAPE

adalah salah satu kriteria utama yang menggambarkan akurasi peramalan. Ketika kesalahan menjadi lebih kecil model yang digunakan lebih dapat diterima untuk keperluan peramalan beban listrik dari hasil yang diperoleh MAPE keseluruhan pada data uji keseluruhan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian FIS Hasil Training

Target		Hasil ANFIS	Denormalisasi	APE (%)
Tgl	Beban Listrik GI Nusa Dua (MW)			
2 Jan 2018	55,811	0,5225	59,93937131	7,396
	49,623	0,2849	51,6569594	4,097
	50,575	0,2814	51,53495417	1,897
	67,450	0,6181	63,27185691	6,194
	74,261	0,8367	70,89195474	4,537
	74,555	0,8171	70,20872548	5,830
	71,129	0,8142	70,10763543	1,43
	71,878	0,8691	72,02137455	0,19
.....
8 Jan 2018	43,315	0,3064	52,40642007	15,152
	38,624	-0,180	35,42329261	15,322
	41,006	-0,001	41,65950259	8,512
	52,416	0,0699	44,16235266	5,606
	57,960	0,4248	56,53368257	3,495
	58,861	0,4905	58,82389496	2,133
	56,610	0,2054	48,88569783	13,602
	56,613	0,1291	46,22598391	14,900
MAPE(%)				6,928

Titik merah merupakan hasil ANFIS dan titik biru adalah data aktual yang digunakan dalam pengujian.

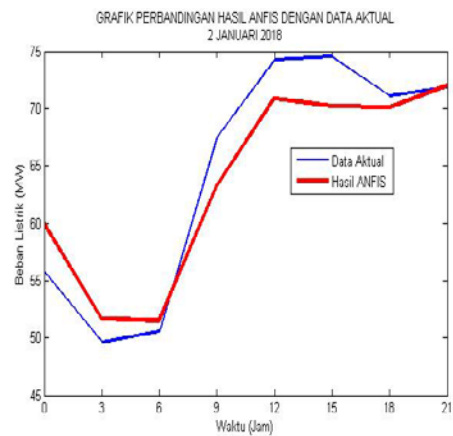
Keakuratan peramalan dievaluasi oleh rata-rata persentase kesalahan absolut dari setiap data.

$$APE = \frac{|L_a - L_f|}{L_a} \dots \dots \dots (4)$$

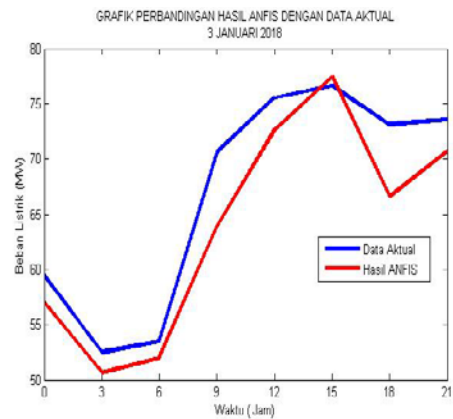
L_a dan L_f masing-masing adalah beban aktual dan peramalan beban. Penyimpangan hasil peramalan dari nilai aktual direpresentasikan dalam bentuk MAPE. Mean Absolute Percentage Error (MAPE) didefinisikan sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_N APE \dots \dots \dots (5)$$

N menunjukkan jumlah banyaknya data.

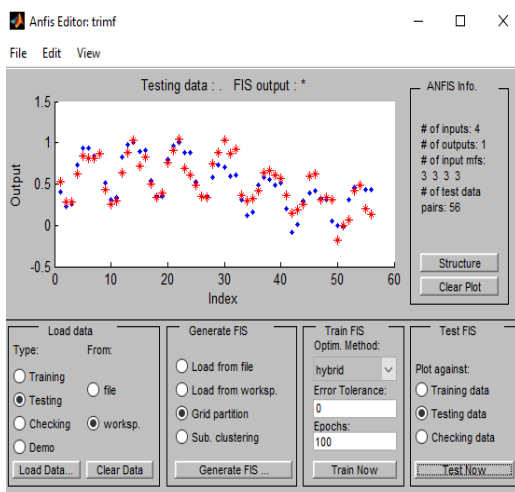


Gambar 6 Plot Pengujian ANFIS Terhadap Data Aktual (2 Januari 2018)



Gambar 7 Plot Pengujian ANFIS Terhadap Data Aktual (3 Januari 2018)

Gambar 6 dan gambar 7 menampilkan grafik perbandingan data aktual dengan hasil ANFIS dimana hasil ANFIS telah mampu mengikuti pola harian beban listrik. Selanjutnya FIS yang telah di latih dapat digunakan dalam melakukan peramalan beban listrik harian dengan



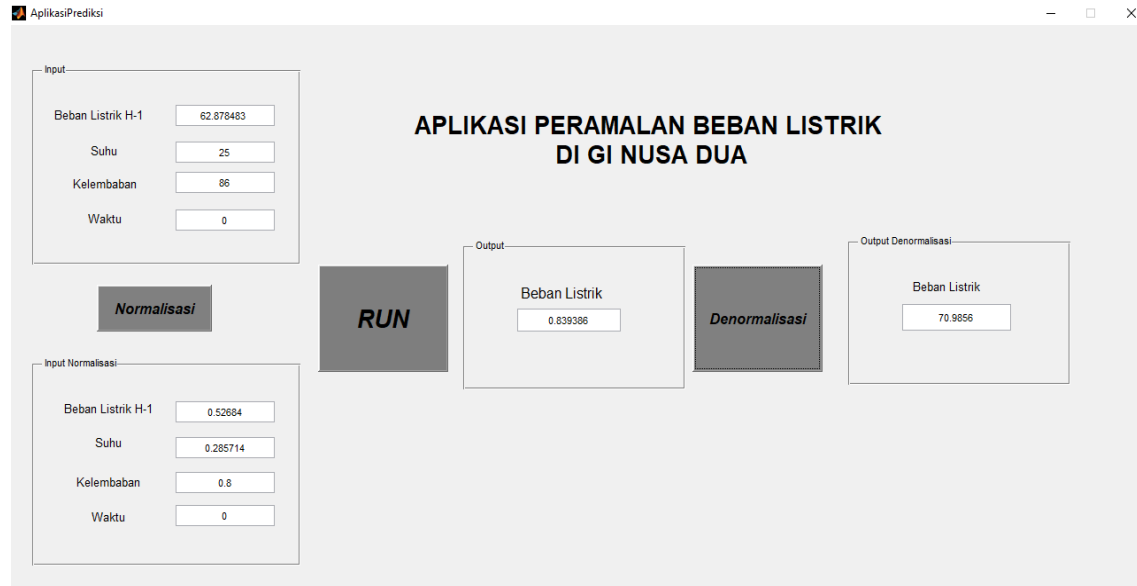
Gambar 5 Plot Data Uji

mengganti nilai *input* sesuai dengan hari yang nantinya akan diramalkan.

4.3 GUI (Graphical User Interface)

Tampilan dari model Peramalan Beban Listrik Di GI Nusa Dua Bali metode

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System ini dengan *output* beban listrik. Rule ANFIS dipakai dengan logika *AND*. Gambar 8. Merupakan tampilan GUI yang dihasilkan.



Gambar 8 GUI dari Aplikasi Peramalan Beban Listrik Di GI Nusa Dua Bali

Peramalan beban listrik untuk bulan selanjutnya dapat menggunakan GUI yang sudah dibuat, dengan cara mengganti *input* sesuai dengan hari yang akan diramalkan. *Input* yang digunakan adalah data beban listrik, suhu, kelembaban dan waktu sehari sebelum hari yang akan diramalkan.

5. SIMPULAN

Hasil yang didapatkan bahwa metodologi peramalan beban listrik ANFIS yang menggunakan variabel *input* berupa beban listrik, suhu, kelembaban dan waktu, menggunakan fungsi *trimf* menunjukkan bahwa FIS yang telah di *training* mampu mengikuti pola beban listrik harian dengan nilai MAPE sebesar 6.928%. Berdasarkan tabel 1 kriteria MAPE bernilai sangat baik jika nilai MAPE hasil pengujian lebih rendah dari 10%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wihardono J. D., Dharma A., Mataram I. M., "Peramalan Beban Jangka Pendek Pada Hari Libur Di Bali Menggunakan Metode *Generalized Regression Neural Network (GRR)*," *E-Journal SPEKTRUM*., vol. 3, pp. 71-76, Des. 2016.
- [2] Ali D., Yohanna M., Pwuu M. I., Garkida B. M., "Long-term Load Forecast Modelling Using A Fuzzy

logic Approach," *Pacific Science Review A: Natural Science And Engineering*., vol. 18, pp. 123-127, Jul. 2016.

- [3] Mishra R., Gupta A., "Short Term Load Forecasting Using Adaptive Neuro - Fuzzy Inference System," *International Journal Of Innovative Research In Technology*., vol. 5, pp. 142-147, Ags. 2018.
- [4] Nordiansyah M., Arjana I. G. D., Setiawan W., "Setting Rele Jarak Pada Sistem SUTT 150KV GI Kapal GI Padang Sambian Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)," *E-Journal SPEKTRUM*., vol. 1, pp. 85-90, Des. 2014.
- [5] Rahman A., Abdullah A. G., Hakim D. L., "Prakiraan Beban Puncak Jangka Panjang Pada Sistem Kelistrikan Indonesia Menggunakan Algoritma Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," *ELECTRANS*., vol. 11, pp. 18-26, Sep. 2012.
- [6] Seema P., Sharma D. A. K., "Short-Term Load Forecasting Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)," *International Journal of Novel Research in Electrical and Mechanical Engineering*., vol. 2, pp. 65-71, Jan. 2015.

- [7] Komariyah R., Yunus M. R., Rodiyansyah F. S., Logika Fuzzy Dalam Sistem Pengambilan Keputusan Penerimaan Beasiswa," *Proceeding STIMA.*, vol. 2, pp.61-68, 2016.
- [8] Kusumaewi, Sri. Artificial Intelligence Teknik dan Aplikasinya. Yogyakarta: Graha Ilm, 2000.
- [9] Siang, J. J., 2005. Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab. Yogyakarta: Andi. 2005.
- [10] Chang P. -C., Wang Y. -W., Liu C. -H., "The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network For PCB Sales Forecasting," *Expert Systems With Applications.*, vol. 32, pp. 88-89, Jan. 2007.