

PERAMALAN BEBAN LISTRIK HARIAN DENGAN METODE ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM

I G.M.W. Meindra Sidemen, Rukmi Sari Hartati, Linawati

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80361, tlp (0361)703315

Email : sidemen_lx9@yahoo.co.id

Abstrak

Peningkatan kebutuhan tenaga listrik di Indonesia khususnya di Bali terjadi seiring dengan meningkatnya kegiatan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Peningkatan kebutuhan tenaga listrik memerlukan suatu perencanaan sistem tenaga listrik yang tepat. Perencanaan yang baik bisa dilakukan melalui peramalan yang tepat untuk kebutuhan beban listrik. Peramalan berdasarkan rentang waktu dikategorikan menjadi peramalan jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Salah satu metode dalam sistem cerdas yang dapat digunakan untuk peramalan beban adalah metode *adaptive neuro fuzzy inference sistem* (ANFIS). Pada penelitian ini, metode tersebut digunakan untuk peramalan beban listrik jangka pendek atau harian. Data yang dipergunakan untuk pembelajaran pada peramalan ini adalah data sebenarnya (*actual data*) yang diambil dari PT.PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi Bali, mulai dari bulan Juni 2011 sampai dengan Agustus 2011 dan Desember 2012 sampai dengan Februari 2013. Pembangunan Model ANFIS menggunakan program Matlab. *Fuzzy Inference System* yang digunakan adalah tipe Takagi-Sugeno orde satu, dengan *membership function* yaitu *time* (jam), data histori beban listrik sebelumnya, kondisi hari sebelumnya (hari kerja atau hari libur) dan kondisi hari ini (hari kerja atau hari libur) masing-masing berjumlah 7, 10, 2 dan 2 dengan tipe fungsi keanggotan *gbellmf*. Penelitian ini menghasilkan nilai MAPE terbesar yaitu 9,92% yang terjadi pada bulan Juni 2011 yang nilainya lebih baik dibandingkan dengan metode *JST backpropagation*. Jadi metode peramalan beban listrik harian menggunakan metode ANFIS cukup akurat.

Kata kunci: peramalan, beban, ANFIS, harian

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan tenaga listrik di Indonesia khususnya di Bali terus meningkat dari waktu ke waktu sejalan dengan meningkatnya kegiatan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Semakin meningkatnya kebutuhan akan energi listrik ini tentunya harus diantisipasi dengan menyediakan sistem kelistrikan yang lebih memadai baik jumlah maupun kualitasnya di masa yang akan datang.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut secara kuantitas dan kualitas maka dibutuhkan perencanaan sistem tenaga listrik yang tepat. Sebagai dasar dalam perencanaan, baik perencanaan operasi maupun perencanaan sistem pengembangan tenaga listrik, salah satu hal yang penting adalah peramalan yang tepat untuk mengetahui kebutuhan tenaga listrik dalam kurun waktu tertentu. Peramalan beban meliputi peramalan beban puncak dan peramalan kebutuhan energi listrik. Peramalan berdasarkan rentang waktu dapat dikategorikan menjadi peramalan jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang.

Salah satu metode dalam sistem cerdas yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan beban adalah metode *adaptive neuro fuzzy inference sistem* (ANFIS). Metode ANFIS menggunakan algoritma *Error backpropagation* yang memiliki beberapa keunggulan, yaitu baik dari segi kekonvergenan

maupun dari segi lokal minimumnya yang sangat peka terhadap perbaikan parameter ANFIS. Keunggulan sistem *inference fuzzy* adalah kemampuan menerjemahkan pengetahuan dari pakar dalam bentuk aturan-aturan. *Adaptive neuro fuzzy inference sistem* mampu melakukan komputasi dengan cara belajar dari pola-pola yang diajarkan dan menghasilkan peramalan relatif akurat.

Pada penelitian ini dibuat peramalan beban listrik jangka pendek menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference sistem*. Peramalan beban jangka pendek bertujuan untuk memperkirakan beban listrik pada jangka waktu beberapa jam sampai beberapa minggu. Peramalan beban jangka pendek mempunyai peran yang penting dalam *real-time control* dan fungsi-fungsi keamanan dari suatu sistem manajemen energi. Peramalan beban listrik jangka pendek yang tepat dapat menghasilkan penghematan biaya operasional, kondisi aman yang memungkinkan utilitas untuk mengolah sumber daya produksi untuk mengoptimalkan harga energi, dan pertukaran dengan produsen dan konsumen.

Pada penelitian ini data yang dipergunakan untuk pembelajaran adalah data sebenarnya yang diambil dari PT.PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi Bali, mulai dari bulan Juni 2011 sampai dengan Agustus 2011 dan bulan Desember 2012 sampai dengan Februari 2013.

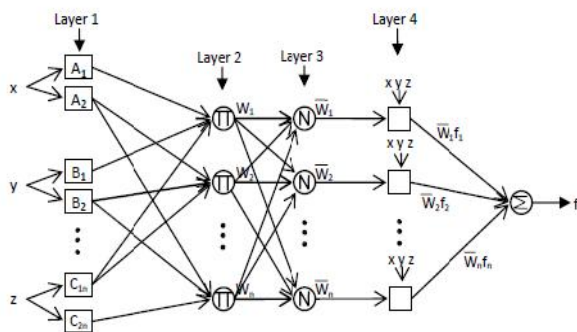
2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Soft Computing

Soft Computing (SC) merupakan suatu bidang ilmu multidisiplin, pertama kali diusulkan oleh Dr. Lotfi A. Zadeh[1]. Pada makalah pertamanya tentang *Soft Data Analysis*, Dr. Zadeh mendefinisikan SC sebagai penggabungan *Fuzzy Logic*, *Neuro Computing*, *Evolutionary Computation*, dan *Probabilistic Computing* ke dalam suatu bidang multidisiplin. Pada perkembangannya Dr. Lotfi A. Zadeh mendefinisikan SC sebagai sekumpulan metode yang berkembang secara terus menerus, yang bertujuan untuk menghasilkan sistem yang memiliki toleransi terhadap ketidakakuratan (*imprecission*), ketidakpastian (*uncertainty*), dan kebenaran parsial (*partial truth*) untuk mencapai ketahanan (*robustness*), bisa ditelusuri (*tractability*) dan biaya rendah [2].

2.2 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

ANFIS adalah penggabungan mekanisme *Fuzzy Inference System* (FIS) yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf [3,4]. FIS yang digunakan adalah model Takagi-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. Menurut Kusumadewi [5], ANFIS adalah suatu metode dalam melakukan standarisasi aturan menggunakan algoritma pembelajaran terhadap sekumpulan data. Gambar 1 memperlihatkan Arsitektur Jaringan ANFIS.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan ANFIS[3,4].

3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di PT.PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi Bali. Waktu penelitian dilakukan mulai Desember 2012 sampai Februari 2013.

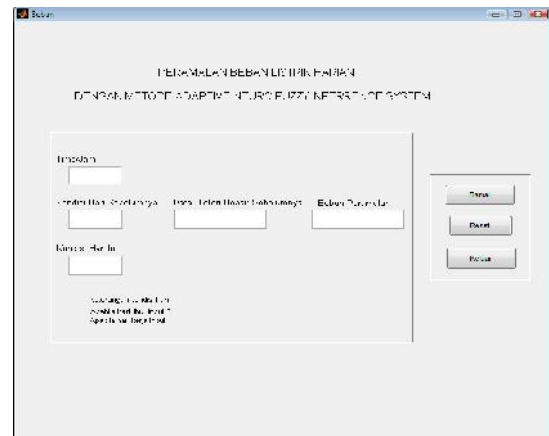
Desain struktur data menggunakan himpunan fuzzy. Data dibedakan atas kriteria dan parameter. Kriteria adalah faktor yang terkait untuk peramalan beban jangka pendek. Faktor-faktor yang diperkirakan sangat mempengaruhi ramalan beban tenaga listrik, yaitu Waktu (*Time*), Beban listrik (*Load*) hari sebelumnya, kondisi hari sebelumnya dan kondisi hari ini.

Pada proses pengujian/uji validasi, data aktual di lapangan (data PLN) dari bulan Juni 2011 – Agustus 2011 dan dari bulan Desember 2012 – Februari 2013 dibandingkan dengan data hasil peramalan dengan metode ANFIS yaitu bulan Juni 2011 – Agustus 2011 dan Desember 2012 – Februari 2013. Untuk mengetahui tingkat akurasi hasil peramalan digunakan *mean absolute percentage error* (MAPE). Rumus untuk menghitung MAPE sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{|(\text{beban hasil peramalan ANFIS} - \text{beban aktual})|}{\text{beban aktual}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peramalan dengan metode ANFIS menggunakan program Matlab version 7.8.0. *Fuzzy Inference System* (FIS) yang digunakan adalah tipe Takagi-Sugeno orde satu, dengan *membership function* yaitu *time* (jam), data histori beban listrik sebelumnya, kondisi hari sebelumnya (hari kerja atau hari libur) dan kondisi hari ini (hari kerja atau hari libur) dengan masing-masing *membership function* berjumlah 7, 10, 2 dan 2 dan dengan tipe fungsi keanggotaan *gbellmf*. Untuk membuat ANFIS dengan MATLAB dapat menggunakan toolbox yang sudah berbasis GUI [6]. Tampilan GUI untuk peramalan beban dengan menggunakan ANFIS dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. GUI peramalan ANFIS.

Proses peramalan dilakukan mulai pukul 01.00 sampai dengan pukul 24.00. Pada tabel 1 dapat dilihat nilai beban dan MAPE tanggal 1 Juni 2011.

Tabel 1. Perbandingan Peramalan Beban Listrik Tanggal 1 Juni 2011

Waktu	1 Juni 11		
	Beban Riil	Beban Peramalan	MAPE
1:00	341,10	335,76	1,57%
2:00	323,50	325,25	-0,54%
3:00	315,70	313,87	0,58%

4:00	307,50	301,83	1,84%
5:00	316,60	312,49	1,30%
6:00	350,10	342,56	2,15%
7:00	345,20	341,46	1,08%
8:00	361,50	359,95	0,43%
9:00	409,40	393,54	3,87%
10:00	443,50	417,69	5,82%
11:00	447,20	430,31	3,78%
12:00	451,70	428,81	5,07%
13:00	441,90	422,00	4,50%
14:00	449,50	430,06	4,32%
15:00	448,80	422,21	5,92%
16:00	430,00	433,67	-0,85%
17:00	426,50	431,91	-1,27%
18:00	445,90	441,89	0,90%
19:00	523,60	524,86	-0,24%
20:00	510,90	509,33	0,31%
21:00	495,10	489,17	1,20%
22:00	453,80	446,07	1,70%
23:00	400,50	389,68	2,70%
24:00	376,90	356,89	5,31%
Rata-rata error			2,14%

Pada tabel 2 dapat dilihat nilai beban dan MAPE tanggal 1 Juli 2011.

Tabel 2. Perbandingan Peramalan Beban Listrik Tanggal 1 Juli 2011

Waktu	1 Juli 11		
	Beban Riil	Beban Peramalan	MAPE
1:00	324,90	327,46	-0,79%
2:00	312,40	309,30	0,99%
3:00	295,20	300,48	-1,79%
4:00	291,10	297,69	-2,26%
5:00	295,90	306,08	-3,44%
6:00	320,00	329,27	-2,90%
7:00	326,20	330,42	-1,29%
8:00	340,80	356,62	-4,64%
9:00	386,50	391,74	-1,35%
10:00	408,00	418,82	-2,65%
11:00	416,30	416,96	-0,16%
12:00	407,90	418,52	-2,60%
13:00	404,50	419,49	-3,71%
14:00	408,30	418,97	-2,61%
15:00	408,30	416,73	-2,06%
16:00	399,60	415,73	-4,04%
17:00	391,00	416,40	-6,50%
18:00	403,00	419,68	-4,14%
19:00	494,60	513,52	-3,83%
20:00	482,90	505,76	-4,73%
21:00	460,70	480,85	-4,37%
22:00	414,70	446,21	-7,60%
23:00	368,10	388,46	-5,53%
24:00	340,50	357,24	-4,92%
Rata-rata error			-3,21%

Pada tabel 3 dapat dilihat nilai beban dan MAPE tanggal 1 Agustus 2011.

Tabel 3. Perbandingan Peramalan Beban Listrik Tanggal 1 Agustus 2011

Waktu	1 Agustus 11		
	Beban Riil	Beban Peramalan	MAPE
1:00	320,50	332,66	-3,79%
2:00	307,80	310,46	-0,87%
3:00	302,80	299,42	1,12%
4:00	303,50	297,32	2,04%
5:00	313,60	307,32	2,00%
6:00	327,10	327,44	-0,11%
7:00	330,10	333,88	-1,15%
8:00	351,40	359,43	-2,28%
9:00	396,40	399,58	-0,80%
10:00	423,20	423,36	-0,04%
11:00	424,10	418,33	1,36%
12:00	421,70	422,52	-0,19%
13:00	416,60	425,78	-2,20%
14:00	430,00	424,72	1,23%
15:00	426,50	419,01	1,76%
16:00	420,40	416,53	0,92%
17:00	413,00	416,99	-0,97%
18:00	421,10	423,60	-0,59%
19:00	526,70	513,43	2,52%
20:00	515,10	505,13	1,94%
21:00	488,40	492,73	-0,89%
22:00	438,90	445,29	-1,45%
23:00	381,30	386,32	-1,32%
24:00	352,60	358,62	-1,71%
Rata-rata error			-0,14%

Pada tabel 4 dan 5 dapat dilihat nilai beban dan MAPE tanggal 1 Desember 2012 dan tanggal 1 Januari 2013.

Tabel 4. Perbandingan Peramalan Beban Listrik Tanggal 1 Desember 2012

Waktu	1 Des 12		
	Beban Riil	Beban Peramalan	MAPE
1:00	456,10	459,21	-0,68%
2:00	432,00	433,08	-0,25%
3:00	422,00	414,87	1,69%
4:00	411,00	413,31	-0,56%
5:00	414,80	413,32	0,36%
6:00	426,70	426,50	0,05%
7:00	412,50	410,83	0,40%
8:00	439,20	452,13	-2,94%
9:00	507,00	501,16	1,15%
10:00	540,00	543,94	-0,73%
11:00	563,90	570,09	-1,10%
12:00	570,20	564,51	1,00%
13:00	568,50	559,48	1,59%

14:00	574,00	562,43	2,02%
15:00	565,40	547,89	3,10%
16:00	549,10	531,45	3,22%
17:00	533,40	528,06	1,00%
18:00	548,40	534,40	2,55%
19:00	649,20	643,30	0,91%
20:00	642,30	636,83	0,85%
21:00	627,20	624,01	0,51%
22:00	587,20	580,64	1,12%
23:00	534,20	523,66	1,97%
24:00	490,80	468,95	4,45%
Rata-rata error			0,90%

Tabel 5 Perbandingan Peramalan Beban Listrik Tanggal 1 Januari 2013

Waktu	1 Jan 13		
	Beban Riil	Beban Peramalan	MAPE
1:00	468,30	429,46	8,29%
2:00	455,90	422,51	7,32%
3:00	420,10	399,71	4,85%
4:00	418,10	391,41	6,38%
5:00	417,50	396,74	4,97%
6:00	420,90	410,04	2,58%
7:00	414,60	404,66	2,40%
8:00	435,20	433,38	0,42%
9:00	456,90	474,61	-3,88%
10:00	474,60	508,44	-7,13%
11:00	485,30	510,60	-5,21%
12:00	482,50	519,62	-7,69%
13:00	508,30	520,79	-2,46%
14:00	492,80	518,57	-5,23%
15:00	484,20	510,41	-5,41%
16:00	490,00	504,46	-2,95%
17:00	492,60	506,27	-2,78%
18:00	505,60	516,27	-2,11%
19:00	579,90	593,74	-2,39%
20:00	576,60	600,11	-4,08%
21:00	558,30	591,06	-5,87%
22:00	511,50	543,60	-6,28%
23:00	466,80	488,92	-4,74%
24:00	430,30	454,24	-5,56%
Rata-rata error			-1,52%

Dari hasil penelitian, MAPE terbesar pada bulan Juni 2011 terjadi pada tanggal 9 Juni pukul 02.00 sebesar 9,92%, pada bulan Juli 2011 terjadi pada tanggal 15 Juli pukul 06.00 sebesar 9,69%. MAPE terbesar pada bulan Agustus 2011 terjadi pada tanggal 31 Agustus pukul 09.00 sebesar 9,20%, bulan Desember 2012 terjadi pada tanggal 14 Desember pukul 15.00 sebesar -8,79%. Untuk bulan Januari 2013, MAPE terbesar terjadi pada tanggal 7 Januari pukul 05.00 sebesar -8,86%, dan untuk bulan Februari 2013 terjadi pada tanggal 14 Februari pukul 15.00 sebesar 8,88%.

Rata-rata error pada bulan Juni 2011 adalah 3,16%, pada bulan Juli 2011 adalah 5,62%, pada bulan Agustus 2011 adalah 4,21%, dan pada bulan Desember 2012 adalah 4,91%. Selanjutnya rata-rata error pada bulan Januari 2013 adalah 4,88%, dan rata-rata error pada bulan Februari 2013 adalah 4,87%.

Error maksimum dengan metode ANFIS lebih baik dibandingkan dengan prediksi menggunakan metode JST *backpropagation*, dimana errornya adalah 14,93% [7]. Rata-rata error tertinggi peramalan dengan metode ANFIS juga lebih baik dibandingkan dengan prediksi menggunakan metode JST sebesar 8,07% [8].

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

MAPE terbesar terjadi pada bulan Juni 2011 adalah 9,92%. Rata-rata error terbesar pada bulan Juni 2011 adalah 3,16%, bulan Juli 2011 adalah 5,62%, bulan Agustus 2011 adalah 4,21%, bulan Desember 2012 adalah 4,91%, bulan Januari 2013 adalah 4,88%, dan bulan Februari 2013 adalah 4,87%.

Dari hasil perbandingan antara beban riil dan beban peramalan dengan menggunakan metode ANFIS didapatkan nilai MAPE yang kecil yaitu rata-rata error 5%, sehingga peramalan beban listrik jangka pendek dengan metode ANFIS cukup akurat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Zadeh, LA. *Fuzzy Sets Information and Control*. Vol 8: 338-353. 1965
- [2]. Jang, J. S. R.. *ANFIS Adaptive Network Based Fuzzy Interference System*. IEEE:Vol 23 No 3. 1993
- [3]. Jang, J. S. R. & Sun, JT.. *Neuro-Fuzzy Modelling and Control*. Proc. IEEE ; 83: 378-406. 1995
- [4]. Jang, J. S. R.. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing : A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. New York : Prentice Hall. 1997
- [5]. Kusumadewi, S.. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2003
- [6]. Kusumadewi, S.. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab dan Excel Link*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2004
- [7]. Atika, Sari, D. -. *Peramalan Kebutuhan Beban Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*. Makalah Seminar Tugas Akhir. Universitas Diponegoro. Semarang
- [8]. Hasim, A.. "Prakiraan Beban Listrik Kota Pontianak Dengan Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Network)" Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 2008.