

KOMPARASI METODE ANFIS DAN *FUZZY TIME SERIES* KASUS PERAMALAN JUMLAH WISATAWAN AUSTRALIA KE BALI

IDA BAGUS KADE PUJA ARIMBAWA K¹, KETUT JAYANEGARA²,
I PUTU EKA NILA KENCANA³

^{1,2,3}Jurusan Matematika FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran-Bali
e-mail: ¹28nateriver@gmail.com, ²ketut_jayanegar@yahoo.com, ³i.putu.enk@gmail.com

Abstract

This study compares the accuracy of forecasting using ANFIS and Fuzzy Time Series the number of Australian tourists to Bali. The data used in this study are data on the number of Australia tourists visit to Bali from the period January 2006 through December 2011. ANFIS consists of two stages of learning and testing phases. Least Squares Estimator is used to study the forward direction and Error Back Propagation learning is used in the reverse direction. Forecasting with Fuzzy Time Series is forecast to capture the pattern of previous data is then used to project the data to come. The results of comparison of both methods showed that the ANFIS method has a higher forecasting accuracy than the method of Fuzzy Time Series. Forecasting by using ANFIS method obtained AFER aqual to 9,26% while the prediction using the method of Fuzzy Time Series obtained AFER aqual to 14,02%

Keywords: ANFIS, Fuzzy Time Series, Forecasting, Australian Tourist
Forecasting

1. Pendahuluan

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan fuzzy (*fuzzy inference system*). ANFIS dapat membangun suatu mapping *input-output* yang keduanya berdasarkan pada pengetahuan manusia (pada bentuk aturan *fuzzy if-then*) dengan fungsi keanggotaan yang tepat. *Fuzzy time series* merupakan proses dinamik dari suatu variabel linguistik yang nilai linguistiknya adalah himpunan *fuzzy*. Keunggulan pemodelan *fuzzy time series* adalah mampu memformulasikan suatu permasalahan berdasarkan pengetahuan pakar atau data-data empiris. Hasil peramalan dari kedua metode tersebut dibandingkan dengan tujuan mengetahui keakuratan hasil peramalan jumlah kunjungan wisatawan asal Australia ke Bali. Parameter yang dipakai sebagai perbandingan adalah AFER dan MSE dari masing-masing metode. *Average Forecasting Error Rate (AFER)* dan *Mean Squared Error (MSE)* sebuah estimator adalah nilai yang diharapkan dari *error*. *Error* yang ada menunjukkan seberapa besar perbedaan hasil estimasi dengan nilai yang akan diestimasi.

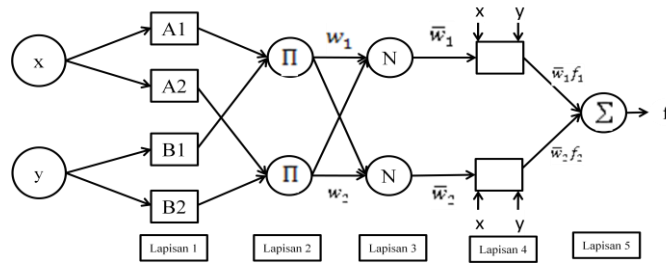
¹ Mahasiswa Jurusan Matematika FMIPA Universitas Udayana

^{2,3} Staf Pengajar Jurusan Matematika FMIPA Universitas Udayana

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data skunder. Data diperoleh dari Dinas Pariwisata Bali berupa data jumlah kunjungan wisatawan asal Australia ke Bali pada periode Januari 2006 – Desember 2010. Data akan diolah dengan menggunakan metode ANFIS dan *Fuzzy Time Series*. Adapun langkah-langkah dari kedua metode adalah:

2.1 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)



Gambar 1. Arsitektur ANFIS

Gambar 1 menunjukkan Arsitektur ANFIS yang digunakan ialah Arsitektur ANFIS 5 Lapis dengan 2 masukan (x dan y) dan 1 keluaran (f).

Tahap Pembelajaran metode ANFIS [3]

Lapisan 1: Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x) \text{ untuk } i = 1,2 \quad (1)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y) \text{ untuk } i = 3,4$$

Dengan x, y adalah input ke- i dan μ_{A_i} dan $\mu_{B_{i-2}}$ adalah nilai linguistik. $O_{1,i}$ adalah derajat keanggotaan himpunan fuzzy $T(A) = \{A_1, A_2, B_1, B_2\}$ dengan A_1, A_2, B_1, B_2 merupakan variabel linguistik. Fungsi keanggotaan yang dipakai adalah fungsi *gbell*.

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\frac{(x-c_i)^2}{a_i^2} \right]^{2b_i}} \quad (2)$$

Parameter a, b, c pada parameter *gbell* dinamakan parameter premis.

Lapisan 2 : Operator perkalian dari aturan fuzzy pada simpul ini adalah AND.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{B_i}(y) \text{ untuk } i = 1,2 \quad (3)$$

Dengan w_i adalah derajat pengaktifan pada simpul ke i

Lapisan 3 : Pada simpul ke- i dihitung rasio dari aturan derajat keanggotaan ke- i dengan jumlah dari aturan derajat keanggotaan, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

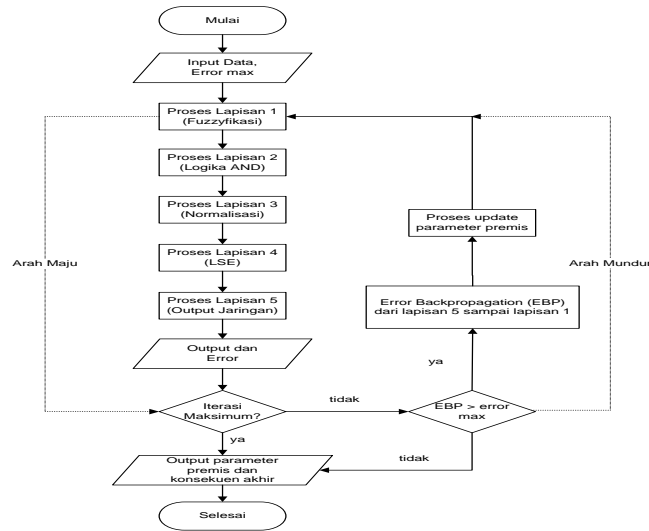
$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \text{ dengan } i = 1,2 \quad (4)$$

Dengan \bar{w}_i adalah derajat pengaktifan ternormalisasi pada simpul ke- i

Lapisan 4 : Setiap layer pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul adalah $O_{4,i} = w_i f_i = w_i(p_i x + q_i y + r_i)$ (5)

Dengan $\{p_i, q_i, r_i\}$ adalah himpunan parameter yang disebut parameter konsekuen. Jika nilai dari parameter premis tetap.

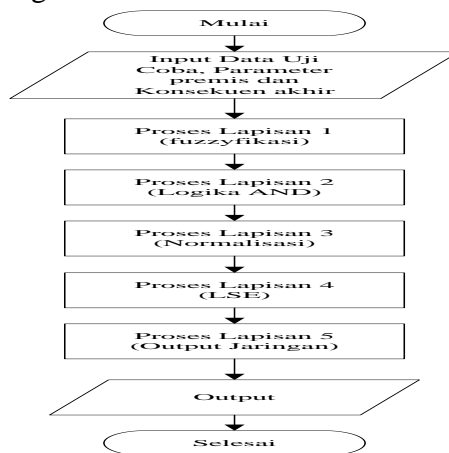
Lapisan 5 : Merupakan simpul tunggal yang menghitung keluaran dengan menjumlahkan semua sinyal masukan $O_{5,i} = \sum \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}$ (6)



Gambar 2. Diagram Alir Tahap Pembelajaran Metode ANFIS

Tahap Uji Coba ANFIS

Proses uji coba hanya menggunakan arah maju dengan metode LSE. Masing-masing masukan akan diproses dengan nilai parameter premis dan konsekuen hasil proses pembelajaran. Untuk lebih jelas tentang proses uji coba, dibuat diagram alir seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Tahap Uji Coba ANFIS

2.2 Fuzzy Time Series

Adapun langkah-langkah peramalannya adalah sebagai berikut :

1. Data wisatawan yang berbentuk angka akan diubah dalam bentuk persentase,

$$\text{yaitu dengan menggunakan rumus } \frac{t_j - t_{j-1}}{t_{j-1}} \times 100\%$$

Dimana :

t_j = jumlah wisatawan pada bulan yang diamati

t_{j-1} = jumlah wisatawan data pada bulan sebelumnya

2. Mendefinisikan himpunan semesta $U = [D_{\min}, D_{\max}]$ dan membaginya menjadi interval-interval $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ dengan panjang yang sama. Pada tahap ini digunakan rumus sturges untuk menentukan panjang interval yang akan digunakan.

$$\text{Rumus Sturges : } K = 1 + 3.322 \text{ Log } (N)$$

3. Menemukan interval yang memiliki sebaran data jumlah wisatawan tertinggi dan membaginya menjadi 4 sub-interval dengan jarak yang sama. Menemukan interval yang memiliki sebaran data jumlah wisatawan tertinggi ke 2 dan membaginya menjadi 3 sub-interval dengan jarak yang sama. Menemukan interval yang memiliki sebaran data jumlah wisatawan tertinggi ke 3 dan membaginya menjadi 2 sub-interval dengan jarak yang sama. Sedangkan interval-interval yang lainnya dibiarkan dan jika tidak ada sebaran data di dalam interval maka interval dihilangkan.
4. Mendefinisikan masing-masing himpunan *fuzzy* A_i berdasarkan interval yang sudah dibagi-bagi dan mem-*fuzzy*-kan data jumlah wisatawan dengan himpunan *fuzzy* A_i dinotasikan sebagai nilai linguistik dari perubahan persentase jumlah wisatawan dari bulan ke bulan yang diwakili oleh himpunan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan *gbell* digunakan untuk mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_i .
5. Defuzzyfikasi data *fuzzy* dengan menggunakan formula peramalan *Fuzzy Time Series*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Peramalan Metode ANFIS

Penentuan awal parameter premis ($a_{1.1}, a_{1.2}, a_{2.1}, a_{2.2}, b_{1.1}, b_{1.2}, b_{2.1}, b_{2.2}, c_{1.1}, c_{1.2}, c_{2.1}, c_{2.2}$) dibantu dengan menggunakan fungsi *genparam* pada MATLAB. Parameter premis dan konsekuen pada pembelajaran dengan data yang memiliki AFER dan MSE terendah akan digunakan dalam proses uji coba.

Proses Pembelajaran

Diperoleh hasil pembelajaran untuk *data set 1*: AFER = 9,29% dan MSE = 10.666.699 *data set 2*: AFER =3,32% dan MSE = 2.350.237, *data set 3*: AFER =2,53% dan MSE = 3.478.430.

Proses Uji Coba

Untuk proses uji coba dengan mengambil parameter premis dan konsekuen pada proses pembelajaran untuk *Data Set 3* pada iterasi ke 50000. Maka hasil yang diperoleh ialah:

Tabel 1. Hasil Peramalan ANFIS Tahap Uji Coba Tahun 2011

Bulan(2011)	actual	forecast	Error	%error
1	59160	63844	4684	7,92%
2	44853	45334	481	1,07%
3	51930	59512	7582	14,60%
4	66429	65954	475	0,72%
5	56052	63574	7522	13,42%
6	72350	84610	12260	16,95%
7	83988	82606	1382	1,65%
8	68855	74791	5936	8,62%
9	82076	88299	6223	7,58%
10	75050	80610	5560	7,41%
11	59483	69237	9754	16,40%
12	70739	81174	10435	14,75%
			AFER	9,26%
			MSE	49798895

Hasil peramalan untuk tahap uji coba yaitu peramalan jumlah wisatawan 2011 dengan data *input*: 2009, 2010 dan *output*: 2011 menunjukkan AFER=9,26% dan MSE= 49.798.895.

3.2 Peramalan metode Fuzzy Time Series

Persentase Perubahan Data

Persentase perubahan jumlah wisatawan digunakan untuk mendefinisikan himpunan semesta U. Untuk mencari nilai perubahan persentase menggunakan

rumus $\frac{t_j - t_{j-1}}{t_{j-1}} \times 100\%$,dimana :

t_j = jumlah wisatan pada bulan yang diamati

t_{j-1} = jumlah wisatawan pada bulan sebelumnya

Tabel 2. Persentase Perubahan Data Jumlah Wisatawan 2006-2010

periode	jum	%	periode	jum	%	periode	jum	%	Periode	jum	%
Jan-06	6775	-	Apr-07	15046	10,44%	Jul-08	33671	14,12%	Okt-09	42423	-0,41%
Feb-06	5848	13,68%	Mei-07	14677	-2,45%	Agust-08	29418	-12,63%	Nop-09	40997	-3,36%
Mar-06	8518	45,66%	Jun-07	20518	39,80%	Sep-08	32684	11,10%	Des-09	47233	15,21%
Apr-06	11373	33,52%	Jul-07	20288	-1,12%	Okt-08	35966	10,04%	Jan-10	44366	-6,07%
Mei-06	9422	-17,15%	Agust-07	18030	-11,13%	Nop-08	19590	-45,53%	Feb-10	33559	-24,36%
Jun-06	14862	57,74%	Sep-07	21170	17,42%	Des-08	26343	34,47%	Mar-10	43949	30,96%
Jul-06	12521	-15,75%	Okt-07	18977	-10,36%	Jan-09	27873	5,81%	Apr-10	42768	-2,69%
Agust-06	12135	-3,08%	Nop-07	17757	-6,43%	Feb-09	20195	-27,55%	Mei-10	50070	17,07%
Sep-06	14556	19,95%	Des-07	22120	24,57%	Mar-09	24075	19,21%	Jun-10	64827	29,47%
Okt-06	11201	-23,05%	Jan-08	20235	-8,52%	Apr-09	30036	24,76%	Jul-10	63552	-1,97%
Nop-06	10758	-3,96%	Feb-08	15466	-23,57%	Mei-09	34913	16,24%	Agust-10	58412	-8,09%
Des-06	14267	32,62%	Mar-08	21593	39,62%	Jun-09	44909	28,63%	Sep-10	67072	14,83%
Jan-07	12716	-10,87%	Apr-08	21259	-1,55%	Jul-09	45401	1,10%	Okt-10	62082	-7,44%
Feb-07	9498	-25,31%	Mei-08	22968	8,04%	Agust-09	45390	-0,02%	Nop-10	54483	-12,24%
Mar-07	13624	43,44%	Jun-08	29505	28,46%	Sep-09	42597	-6,15%	Des-10	62732	15,14%

Himpunan Semesta

Diperoleh data dengan persentase terbesar dan terkecil yaitu Delta Min= -45,53%, Delta Max = 57,74%. Jumlah interval yang diperoleh adalah 7 dengan menggunakan rumus Sturges kemudian dari seluruh data yang ada dapat dinyatakan himpunan Semesta $U = [-45,53\%, 57,74\%]$ dengan lebar masing-masing interval adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Frekuensi Kepadatan Data Berdasarkan Distribusi Perubahan Persentase

Selang	Interval	Data	Sub Interval	Lebar Interval
1	$[-45,53\%, -30,78\%)$	1	1	14,75%
2	$[-30,78\%, -16,03\%)$	0	-	-
3	$[-16,03\%, -1,27\%)$	6	1	14,75%
4	$[-1,27\%, 13,48\%)$	20	4	3,69%
5	$[13,48\%, 28,23\%)$	9	1	14,75%
6	$[28,23\%, 42,98\%)$	11	2	7,38%
7	$[42,98\%, 57,74\%]$	12	3	4,92%

jumlah data terbesar pertama dibagi menjadi empat sub-interval yang sama dengan panjang masing-masing interval 3,69%. Jumlah data terbesar kedua terdapat pada selang interval $[42,98\%, 57,74\%]$ diikuti selang interval $[28,23\%, 42,98\%)$ kemudian dibagi menjadi tiga dan dua sub-interval yang sama dengan panjang masing-masing interval 4,92% dan 7,38%.

Tabel 4. Interval *Fuzzy* Menggunakan Kepadatan Frekuensi Berdasarkan Pembagian

Ling	Interval	N.Tengah	Lebar	Koef	Ling	Interval	N.Tengah	Lebar	Koef
A01	[-45,53%, -23,40%)	-34,47%	22,13%	a1	A07	[13,48%, 28,23%)	20,86%	14,75%	a7
A02	[-23,40%, -1,27%)	-12,34%	22,13%	a2	A08	[28,23%, 35,61%)	31,92%	7,38%	a8
A03	[-1,27%, 2,41%)	0,57%	3,69%	a3	A09	[35,61%, 42,98%)	39,30%	7,38%	a9
A04	[2,41%, 6,10%)	4,26%	3,69%	a4	A10	[42,98%, 47,90%)	45,44%	4,92%	a10
A05	[6,10%, 9,79%)	7,95%	3,69%	a5	A11	[47,90%, 52,82%)	50,36%	4,92%	a11
A06	[9,79%, 13,48%)	11,63%	3,69%	a6	A12	[52,82%, 57,74%]	55,28%	4,92%	a12

Setelah pembagian interval dilakukan pada masing-masing interval dengan menggunakan variabel linguistik dari A1 sampai A12 dan nilai tengah merupakan nilai tengah dari jarak masing-masing interval dan diberi nama koefisien a1 sampai a12. Nilai tengah ini akan digunakan pada tahap *defuzzifikasi*. Dari hasil *defuzzifikasi* diperoleh nilai AFER 6,79% dan MSE 6.988.536 ini menunjukkan bahwa dari rentang nilai AFER 0% - 100% diperoleh nilai AFER sebesar 6,79%. FLRG terbentuk dari *Left-Hand Side*(LHS) dan *Right-Hand Side*(RHS) pada *fuzzy set* yang sudah ada. LHS merupakan *fuzzy set* yang berada pada sisi kiri dan RHS merupakan *fuzzy set* yang berada pada sisi kanan. Pada penentuan FLRG ini yang menjadi LHS adalah semua *fuzzy set* yang urutannya sama dengan urutan *fuzzy set* yang sudah ditentukan sebelumnya dan yang menjadi RHS akan dimulai pada *fuzzy set* pada LHS yang kedua. FLRG dinotasikan dengan LHS → RHS dimana ini menunjukkan bahwa *fuzzy set* pertama menuju ke *fuzzy set* kedua, *fuzzy set* kedua menuju ke *fuzzy set* ketiga, *fuzzy set* ketiga menuju ke *fuzzy set* keempat dan seterusnya sampai LHS terakhir

Hasil Peramalan Bulan Januari – Desember 2011 Fuzzy Time Series

Data yang digunakan untuk menghitung persentase perubahan yaitu 12 data sebelumnya, alasannya karena jika terlalu banyak data yang digunakan maka periode waktu akan semakin jauh sehingga pengaruh yang diberikan terhadap nilai yang akan diramal tidak signifikan. Untuk mencari nilai perubahan persentase pada Bulan Januari yaitu dengan menghitung masing-masing frekuensi FLRG dan diberikan bobot pada masing-masing FLRG kemudian nilai proporsi frekuensi FLRG dikalikan dengan nilai logaritma basis 2 bobot Fibonacci, selanjutnya proporsi masing-masing proporsi frekuensi yang sudah dikalikan dengan logaritma basis 2 bobot Fibonacci, nilai proporsi tersebut dikalikan dengan nilai tengah sesuai dengan variabel linguistik LHS, Sehingga diperoleh persentase nilai peramalan masing-masing FLRG. Nilai perubahan persentase yang telah diperoleh akan dikembalikan ke dalam nilai peramalan dengan menggunakan rumus : $Data\ Sekarang = (\% \text{ perubahan} \times Data\ Sebelum) + Data\ Sebelum$

Dari nilai-nilai tersebut dapat diperoleh *error* dari masing-masing bulan peramalan dengan cara mencari selisih antara nilai peramalan dengan nilai aktual.

Error yang telah diperoleh digunakan untuk mencari nilai AFER dan MSE untuk peramalan metode *Fuzzy Time Series*.

Tabel 5. Hasil Peramalan FTS Tahun 2011

Time Index	Actual	% Forecast	Forecast	Error	Error ²
Jan 2011	59160	-2,24%	61326	2166	4691651
Feb 2011	44853	2,69%	62978	18125	328503893
Mar-11	51930	-0,16%	62871	10941	119705592
Apr 2011	66429	2,84%	64662	1767	3121963
Mei-11	56052	2,21%	66094	10042	100833540
Jun-11	72350	3,69%	68537	3813	14541245
Jul-11	83988	2,38%	70169	13819	190956170
Agust-11	68855	3,43%	72576	3721	13846575
Sep-11	82076	2,04%	74061	8015	64241084
Okt-11	75050	3,40%	76581	1531	2342795
Nop-11	59483	1,78%	77944	18461	340815748
Des-11	70739	2,18%	79650	8911	79397914
				AFER	14,02%
				MSE	105249848

Dari tabel 5 diperoleh nilai AFER sebesar 14,02% dan MSE sebesar 105.249.848.

3.3 Komparasi Metode ANFIS dengan Fuzzy Time Series

Hasil peramalan yang untuk metode ANFIS dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series* menunjukkan bahwa metode ANFIS memiliki nilai AFER dan MSE yang lebih kecil dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series*. Peramalan dengan menggunakan metode ANFIS diperoleh AFER sebesar 9,26% dan MSE sebesar 49.798.895 sedangkan peramalan dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* diperoleh AFER sebesar 14,02% dan MSE sebesar 105.252.076.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat adalah:

1. Peramalan jumlah wisatawan Australia ke Bali Tahun 2011 dengan metode ANFIS adalah sebesar 859.545. Untuk tingkat keakurasian hasil peramalan diperoleh nilai AFER sebesar 9,26% dan MSE sebesar 49.798.895. Peramalan metode *Fuzzy Time Series* adalah sebesar 837.449. Untuk tingkat keakurasian hasil peramalan diperoleh nilai AFER sebesar 14,02% dan MSE sebesar 105.252.076.
2. Melihat nilai AFER dan MSE yang diperoleh dari hasil peramalan kedua metode, menunjukkan bahwa metode ANFIS memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series* pada kasus peramalan jumlah wisatawan Australia ke Bali Tahun 2011.

Daftar Pustaka

- [1] Dinas Pariwisata Bali. 2010. Jumlah Wisatawan Mancanegara ke Bali <http://www.tourism.baliprov.go.id/informasi/2010/12/statistics> diakses 20 November 2011
- [2] Jilani, T. A., S. M. A. Burney, C.Ardil. 2007. "Fuzzy Metric Approach for Fuzzy Time Series Forecasting based on Frequency Density Based Partitioning", *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol.34 : pp.333-338
- [3] Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Inteligence (Teknik dan Aplikasi)*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [4] Stevenson, Meredith and John E. Porter. 2009. "Fuzzy Time Series Forecasting Using Percentage Change as the Universe of Discourse". *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol 55.