**Analisis Tingkat Akurasi Metode *Neuro Fuzzy* dalam Prediksi Data IPM di NTB**

**Aenul Muhajirah1, Andi Setiawan2, Eka Safitri3, Hartina4, Titin Mardiana5**

1,2,3,4,5Tadris Matematika, Universitas Islam Negeri Mataram, Indonesia

[160103030.mhs@uinmataram.ac.id1](mailto:160103030.mhs@uinmataram.ac.id1), [170103047.mhs@uinmataram.ac.id2](mailto:170103047.mhs@uinmataram.ac.id2), [160103027.mhs@uinmataram.ac.id3](mailto:160103027.mhs@uinmataram.ac.id3), [170103034.mhs@uinmataram.ac.id4](mailto:170103034.mhs@uinmataram.ac.id4), [170103025.mhs@uinmataram.ac.id5](mailto:170103025.mhs@uinmataram.ac.id5)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **INFO ARTIKEL** |  | **ABSTRAK** |
| ***Riwayat Artikel:***  Diterima:…-…-…  Disetujui:01-04-2019 |  | **Abstrak**: Penelitian ini dilakukan untuk memperkenalkan proses *forecasting* dalam menentukan metode terbaik yang digunakan pada sistem peramalan (*forecast)*. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Provinsi Nusa Tengara Barat (NTB) tahun 2008-2018 untuk memprediksi data IPM tahun 2019. Penelitian ini menggunakan metode *Artificial Intelligence Neuro Fuzzy* yaitu Fuzzy Mamdani dan ANFIS Sugeno yang di aplikasikan pada Matlab. Adapun type yang diuji adalah *Trimf, Trapmf, Gbellmf, Gaussmf, Gauss2mf, Sigmf, Dsigmf, Psigmf, dan Primf.* Type tersebut bertujuan untuk melihat tingkat akurasi berdasarkan hasil error. Hasil peramalan terbaik didapatkan pada type *Gauss2mf* karena menghasilkan error terkecil sebesar 0.491.  ***Abstract:*** *This research was conducted to introduce the forecasting process in determining the best method used in forecasting systems. The data used in this study are the West Nusa Tenggara Province (NTB) Human Development Index (HDI) in 2008-2018 to predict the 2019 HDI data. This study uses Artificial Intelligence Neuro Fuzzy methods by Fuzzy Mamdani and ANFIS. Sugeno applied to Matlab. The types tested were Trimf, Trapmf, Gbellmf, Gaussmf, Gauss2mf, Sigmf, Dsigmf, Psigmf, and Primf. The type aims to see the level of accuracy based on the results of the error. The best forecasting results are obtained in the Gauss2mf type because it produces the smallest error of 0.491.* |
| ***Kata Kunci:***  Artificial Intelligence,  Metode Neuro Fuzzy,  Fuzzy Mamdani,  ANFIS Sugeno,  *Time Series* Data,  IPM. |

——————————◆——————————

1. **LATAR BELAKANG**

Tingkat akurasi pembangunan di setiap daerah dipandang semata-mata sebagai suatu fenomena ekonomi. Tingat pertumbuhan ekonomi merupakan unsur yang paling diutamakan dalam suatu daerah karena sangat berpengaruh untuk meingkatkan perekonomian di suatu daerah tersebut. Dengan adanya data Time Series Indeks Pembangunan Manusia (IPM), penduduk dapat mengakses hasil pembangunan perekonomin untuk memdapatkan kesehatan, pendapatan dan pendidikan yang layak. Apabila IPM dapat menghasilkan kondisi yang baik, maka hal tersebut akan dapat mengurangi jumlah pengangguran di daerah tersebut. (BPS Jawa Timur, 2017).

Untuk itu setiap daerah harus malekakukan prediksi mengenai data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) agar dapat mengetahui jumlah IPM pada tahun yang akan datang. Dalam peramalan data tersebut lebih akurat dilakukan menggunakan metode Artificial Intelligence Neuro Fuzzy karena dengan metode tersebut didapatkan hasil fungsi yang optimal. Metode ini memiliki keunggulan intuitif dan sudah digunakan oleh banyak orang dan sesuai untuk melakukan prediksi karena menghasilkan nilai output yang dinamis. (Gaurav Kumar Nayak, 2013).

Kata “intelligence” berasal dari bahasa Latin “intelligo” yang berarti “saya paham”.  Berarti dasar dari intelligence ialah kemampuan untuk memahami dan melakukan aksi.  Sebenarnya, area Kecerdasan Buatan *(Artificial Intelligence)* atau disingkat dengan AI,  bermula dari kemunculan komputer sekitar th 1940-an, meskipun sejarah perkembangannya dapat dilacak sejak zaman Mesir kuno. Pada masa ini, perhatian difokuskan pada kemampuan komputer mengerjakan sesuatu yang dapat dilakukan oleh manusia.  Dalam hal ini, komputer tersebut dapat meniru kemampuan kecerdasan dan perilaku manusia. (K. Warwick, 2012).

Neuro Fuzzy adalah gabungan dari dua sistem yaitu sitem logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan. System neuro fuzzy berdasarkan pada system inferensi fuzzy yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari system jaringan syaraf tiruan. Dengan demikian, system fuzzy memiliki semua kelebihan yang dimiliki oleh system inferensi fuzzy dan untuk belajar maka system neuro-fuzzy sering disebut sebagai ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference Sistems).Setelah Sugeno memperkenalkan model fuzzy dengan antecedent himpunan fuzzy dan consequent-nya merupakan himpunan crisp maka terdapat istilah baru yang disebut fuzzy adaptive.Salah satu model fuzzy adaptve adalah ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference Sistems) yang dikemukakan oleh Roger Jang. Pada ANFIS (Adaptif Neuro Fuzzy Inference System), proses belajar pada jaringan neural dengan sejumlah pasangan data berguna untuk memperbaharui parameter-parameter sistem inferensi fuzzy yang diterapkan adalah inferensi Fuzzy model Takagi-Sugeno-Kang. (S. Hartati dan S. Kusuma Dewi, 2006).

1. **TINJAUAN PUSTAKA**
2. **Metode Aturan Fuzzy**

Melakukan penalaran menggunakan fuzzy input dan fuzzy rules (aturan fuzzy) yang telah ditentukan sehingga menghasilkan fuzzy output. Terdapat banyak metode aturan fuzzy yang dapat digunakan. Di bawah ini, penulis menampilkan tiga metode aturan yang sering digunakan, yaitu Metode Tsukamoto, Metode Mamdani dan Metode Sugeno. (Adhi Gufron, 2010 : 18-19).

1. Metode Tsukamoto

Pada Metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-Then harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan apredikat (fire strength). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata berbobot.

1. Metode Mamdani

Metode Mamdani sering dikenal dengan nama Metode Max-Min. metode ini diperkenalkan oleh Ibrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output diperlukan empat tahapan :

1. Pembentukan himpunan fuzzy
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)
3. Komposisi aturan
4. Penegasan (defuzzy)
5. Metode Sugeno

Penalaran dengan Metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya output sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh TSK (Takagi-Sugeno Kang) pada tahun 1985.

1. **Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)**

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan fuzzy (fuzzy inference system). Dengan penggunaan suatu prosedur hybrid learning, ANFIS dapat membangun suatumapping input-output yang keduanya berdasarkan pada pengetahuan manusia (pada bentuk aturan fuzzy if-then) dengan fungsi keanggotaan yang tepat. (Ahmad Kristianto, 2017 : 17).

ANFIS dapat bertindak sebagai suatu dasar untuk membangun satu kumpulan aturan fuzzy if-then dengan fungsi keanggotaan yang tepat, yang berfungsi untuk menghasilkan pasangan input-output yang tepat. Jenis rule yang bisa dilayani hanyalah bertipe takagi-sugeno-kang (TSK) atau dikenal dengan istilah sugeno saja. Jenis mamdani tidak dapat diterapkan pada Anfis. (R. Syahputra, 2015).

**B1**

**A2**

**B2**

**X**

**Y**

**Y**

**X**





x

y

**A1**

**Gambar 1.** Ilustrasi Mekanisme Penalaran ANFIS

Ilustrasi mekanisme inferensi fuzzy TSK ordesatu dengan dua masukan x dan y. Basis aturan dengan dua aturan fuzzy if-then seperti dibawah ini :



premis consequent

premis consequent Input : x dan y Consequent-nya adalah f

Mekanismen penalaran pada model ini adalah :



1. **Jaringan Adaptif : Arsitektur dan Algoritma Pembelajaran**

(a) Feedforward

x2

x1

x3

x4

4

6

9

5

x2

x1

x3

x4

4

6

9

5

(b) Recurrent

**Gambar 2.** Feedforward dan Recurrent

Menurut Jang (1997: 340) ANFIS dalam kerjanya mempergunakan algoritma belajar hibrida yaitu menggabungkan metode Least-Squares Estimator (LSE) dan Eror Back-Propagation (EBP). Dalam struktur ANFIS metode EBP dilakukan di lapisan ke-1, sedangkan metode LSE dilakukan ke lapisan ke 4. Pada lapisan ke-1 parameternya merupakan parameter dari fungsi keanggotaan himpunan fuzzy sifatnya non-linier terhadap keluaran system. Proses belajar pada parameter ini menggunakan metode EBP untuk memperbaharui nilai parameternya. Sedangkan pada lapisan ke-4, parameter merupakan parameter linier terhadap keluaran sistem, yang menyusun basis kaidah fuzzy. Proses belajar untuk memperbaharui parameter di lapisan ini menggunakan metode LSE (Tjahjono, dkk., 2011 : 2)

1. **Keunggulan dan Kekurangan ANFIS**

Sistem pengendalian yang digunakan akan memakai sistem yang menggabungkan sistem fuzzy dan sistem jaringan syaraf tiruan. Sistem ini dikenal dengan sistem neuro fuzzy atau ANFIS. Dasar dari penggabungan adalah kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sistem. Kemampuan jaringan syaraf tiruan adalah mengenali sistem melalui proses pembelajaran untuk memperbaiki parameter adaptif. Keunggulan system inference fuzzy adalah dapat menerjemahkan pengetahuan dari pakar dalam bentuk aturan-aturan, namun biasanya dibutuhkan waktu yang lama untuk menetapkan fungsi keanggotaannya. Oleh sebab itu dibutuhkan teknik pembelajaran dari jaringan syaraf tiruan untuk mengotomatisasi proses tersebut sehingga dapat mengurangi waktu pencarian, hal tersebut menyebabkan metoda ANFIS sangat baik diterapkan dalam berbagai bidang. Kekurangan dari sistem ini adalah kerumitan strukturnya. Sedangkan sistem fuzzy mempunyai konsep yang mirip dengan konsep berpikirnya manusia. Gabungan keduanya akan saling melengkapi kelebihan dan kekurangan masing-masing sistem. (Siti Mujilahwati dan Eko Sulistiono, 2016 : 1).

1. **METODE PENELITIAN**
2. **Metode Kuantitatif**

Teknik peramalan (Forecast) dalam penelitian ini menggunakan Metode Analitic Artificial Neuro Fuzzy yang bersifat kuantitatif, menurut Eddy Herjanto (2004), yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Peramalan kuantitatif hanya dapat digunakan apabila terdapat tiga kondisi berikut: tersedia informasi tentang masa lalu, informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik dan dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut dim as mendatang. Metode kuantitatif dibagi menjadi dua yaitu deret berkala (time series) dan model kausal.

Time Series merupakan metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variable yang akan diperkirakan dengan variable waktu. tujuannya adalah menentukan pola dalam deret historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan (Herjanto, 2004 dalam M. Sulhan dan Rizkiyatul Khairiah, 2015: 2).

1. **Data IPM**

Data yang digunakan dalam penelitian yaitu data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Nusa Tenggara Barat dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2018 pada Tabel 1. berikut.

**TABEL 1**

DATA INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

|  |  |
| --- | --- |
| **Tahun** | **Data Aktual** |
| 2008 | 64.12 |
| 2009 | 63.71 |
| 2010 | 64.12 |
| 2011 | 64.66 |
| 2012 | 65.2 |
| 2013 | 66.23 |
| 2014 | 64.31 |
| 2015 | 65.19 |
| 2016 | 65.81 |
| 2017 | 65.58 |
| 2018 | 69.52 |

(Sumber: <https://.ipm.bps.go.id>)

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung hasil peramalan (*forecasting*) dari data Time Series Jumlah Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi NTB dari tahun 2008-2018 pada Tabel 1 di atas. Penelitian ini menggunakan metode *Artificial Intelligence Neuro Fuzzy* dengan menggabungkan Fuzzy Mamdani dan ANFIS Sugeno yang di aplikasikan pada Matlab.

Peramalan (*forecasting*) dalam penelitian ini bertujuan untuk mencari hasil error dari masing-masing type yang digunakan pada Metode *Artificial Intelligence Neuro Fuzzy*. Adapun type yang diuji adalah *Trimf, Trapmf, Gbellmf, Gaussmf, Gauss2mf, Sigmf, Dsigmf, Psigmf, dan Primf.* Type tersebut bertujuan untuk melihat tingkat akurasi berdasarkan hasil error. Dari hasil error masing-masing type yang didapat tersebut, kemudian akan dibandingkan untuk mencari hasil error terkecil dari masing-masing type yang telah diuji coba.

Kesimpulan metode terbaik yang digunakan untuk menghitung hasil peramalan (*forecast)* didapat dari hasil error yang terkecil.

1. **Parameter Keakuratan Data Error**

Parameter keakuratan data dalam mencari *error* yang akan kita gunakan adalah *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Squared Error* (MSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *Root Mean Squared Error* (RMSE).









Keterangan :

 = Data aktual pada periode t

 = Nilai peramalan pada periode t

 = Jumlah data

= *Time series* (10 tahun = 2008-2018)

1. **Flow Chart *Artificial Intelligence Neuro Fuzzy***

Berikut ini adalah Flow Chart dari metode *Artificial Intelligence Neuro Fuzzy*.

Mulai

Input Data

Generate Fis

Train Fis

Trimf

Hasil Error (MAPE)

Selesai

Yes

No

Load Data

Trapmf

Gbellmf

Gaussmf

Gauss2mf

Pimf

Dsigmf

Psigmf

Sigmf

MF Type

**Gambar 3.** Flow Chart *Artificial Intelligence Neuro Fuzzy*

1. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menghitung peramalan *(forecast)* dan *error* dari data *Time Series* Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2019 menggunakan metode *Artificial Intelligence Neuro Fuzzy* dengan menggabungkan Fuzzy Mamdani dan ANFIS Sugeno menggunakan 9 macam type, yaitu *Trimf, Trapmf, Gbellmf, Gaussmf, Gauss2mf, Sigmf, Dsigmf, Psigmf, dan Primf.*.

1. **Data Hasil Peramalan (*Forecast*)**

Pada pegujian data hasil peramalan (*Forecast)* ini dioperasikan menggunakan Aplikasi Matlab. Hasil dari masing-masing type yang diuji coba sesuai Tabel 2.

**TABEL 2**

HASIL PERAMALAN (*FORECASTING)* PADA MASING-MASING TYPE

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **TAHUN** | **DATA AKTUAL** | **TYPE PERAMALAN (*FORECASTING*)** | | | | | | | | |
| **Trimf** | **Trapmf** | **Gbellmf** | **Gaussmf** | **Gauss2mf** | **Sigmf** | **Dsigmf** | **Psigmf** | **Primf** |
| 2008 | 64.12 | 63.6 | 63.7 | 63.7 | 63.8 | 63.8 | 64 | 63.8 | 64.1 | 64.1 |
| 2009 | 63.71 | 64 | 64.1 | 64.1 | 64 | 64.1 | 64.1 | 64 | 64.2 | 64.1 |
| 2010 | 64.12 | 64.3 | 64.3 | 64.4 | 64.2 | 64.3 | 64.4 | 64.3 | 64.2 | 64.2 |
| 2011 | 64.66 | 64.5 | 64.7 | 64.6 | 64.4 | 64.4 | 64.7 | 64.6 | 64.4 | 64.3 |
| 2012 | 65.2 | 64.7 | 64.8 | 65 | 64.7 | 64.9 | 65 | 65.1 | 64.5 | 64.4 |
| 2013 | 66.23 | 64.8 | 64.9 | 65.1 | 64.9 | 65.3 | 65.3 | 65.6 | 64.8 | 64.6 |
| 2014 | 64.31 | 64.8 | 64.8 | 65 | 65 | 65.4 | 65.7 | 66.4 | 65.1 | 64.8 |
| 2015 | 65.19 | 64.9 | 64.4 | 64.8 | 65 | 65.5 | 66.1 | 67.2 | 65.5 | 65.2 |
| 2016 | 65.81 | 65.4 | 65.1 | 64.6 | 64.8 | 65.5 | 66.5 | 68.2 | 66 | 65.9 |
| 2017 | 65.58 | 66.1 | 66 | 65.7 | 64.6 | 65.5 | 66.9 | 69.2 | 66.6 | 66.7 |
| 2018 | 69.52 | 67.3 | 67.1 | 67.1 | 66.4 | 65.5 | 67.3 | 70 | 67.2 | 67.7 |
| 2019 |  | 68.7 | 68.5 | 68.6 | 68.4 | 69.5 | 67.7 | 70.8 | 67.8 | 68.6 |

Tabel hasil perhitungan peramalan (*Forecasting)* masing-masing type dalam metode *Artificial Intelligence Neuro Fazzy*

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Metode *Artificial Intelligence Neuro Fuzzy* tersebut, hasil peramalan dari masing-masing type yang diuji coba menghasilkan data hasil *Forecast* yang berbeda. Dengan menggunakan *Type Trimf* diperoleh hasil error sebesar 0.74727; Type Trapmf sebesar 0.72844; *Type Gbellmf* sebesar 0.61932; *Type Gaussmf* sebesar 0.491; *Type Gauss2mf* sebesar 0.95947; *Type Sigmf* sebesar 0.99277; *Type Dsigmf* sebesar 0.94718; *Type Psigmf* sebesar 0.91818; dan *Type Primf* sebesar 0.80934.

1. **Data Hasil Error Peramalan (*Forecast)***

Maka, dari hasil peramalan (*Forecast)* yang telah dilakukan, kita dapat menghitung hasil error untuk MAD, MSE, dan MAPE. hasil perhitungan error dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

**TABEL 3**

HASIL KESELURUHAN DATA ERROR YANG DICARI

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Metode** | **Forecast** | **Error** | | |
| **MSE** | **MAD** | **MAPE** |
| **Trimf** | 68.7 | 0.699135 | 0.337333 | 0.04695 |
| **Trapmf** | 68.5 | 0.806902 | 0.379 | 0. 052753 |
| **Gbellmf** | 68.6 | 0.806735 | 0.362333 | 0.050433 |
| **Gaussmf** | 68.4 | 1.207835333 | 0.554 | 0.07711066 |
| **Gauss2mf** | 69.5 | 1.570035 | 0.354 | 0.049273 |
| **Sigmf** | 67.7 | 0.920802 | 0.12933 | 0.018 |
| **Dsigmf** | 70.8 | 2.340535 | 0.82933 | 0.11543 |
| **Psigmf** | 67.8 | 0.834935 | 0.154 | 0.021435 |
| **Primf** | 68.6 | 0.699435 | 0.204 | 0.028395 |

Tabel hsil data error

1. **Model Terbaik yang Digunakan dalam Peramalan (*Forecast)***

Hasil peramalan (*Forecast)* menggunakan Metode *Artificial Intelligence Neuro Fuzzy* didapatkan hasil yang akurat pada Type *Gauss2mf* dengan nilai error sebesar 0.95947.

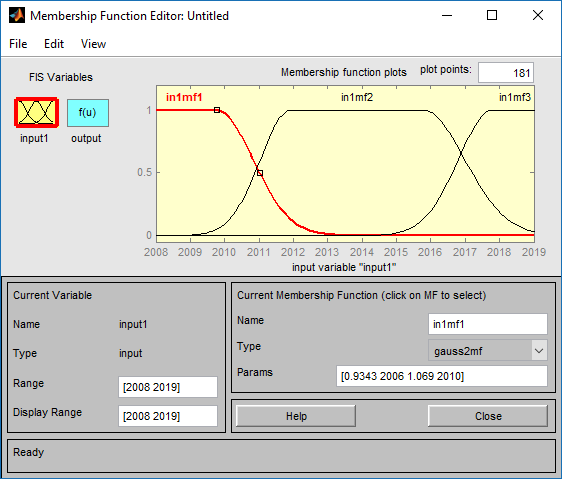
**TABEL 4**

HASIL *FORECAST* DATA ERROR PADA TAHUN 2019

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Metode** | **Forecast** | **Error** |
| **Trimf** | 68.7 | 0.74727 |
| **Trapmf** | 68.5 | 0.72844 |
| **Gbellmf** | 68.6 | 0.61932 |
| **Gaussmf** | 68.4 | 0.491 |
| **Gauss2mf** | 69.5 | 0.95947 |
| **Sigmf** | 67.7 | 0.99277 |
| **Dsigmf** | 70.8 | 0.94718 |
| **Psigmf** | 67.8 | 0.91818 |
| **Primf** | 68.6 | 0.80934 |

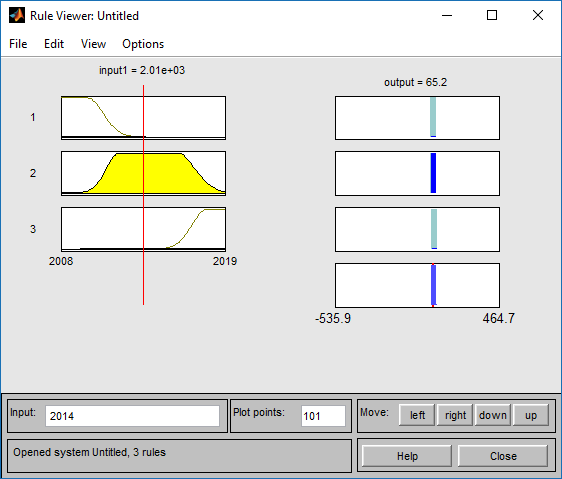
Tabel hasil *Forecast Error*

Berikut ini adalah grafik *Type Gauss2mf* hasil peramalan (*Forecast)* menggunakan Matlab.



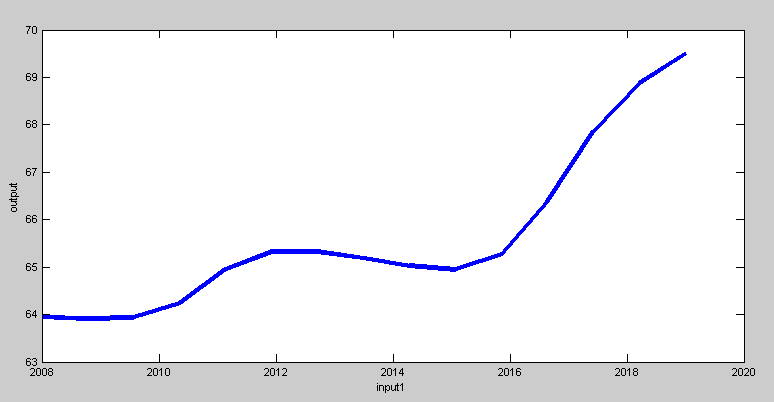
**Grafik 1.** Artificial Intelligence Neuro Fuzzy Type Gaussmf

Pada gambar Grafik 1. di atas, menunjukkan fungsi keanggotaan (*Membership Function)* dari *Artificial Intelligence* metode *Neuro Fuzzy*. Ini adalah grafik *Membership Function* dari hasil yang paling akurat dalam peramalan error, yaitu menggunakan *Type Gauss2mf.*



**Grafik 2.** *Rule-Base* Artificial Intelligence Neuro Fuzzy Type Gaussmf

Pada gambar Grafik 2. di atas, menunjukkan hasil *Rule Base* dari *Artificial Intelligence* metode *Neuro Fuzzy*. Ini adalah grafik *Rule Base* dari hasil yang paling akurat dalam peramalan error, yaitu menggunakan *Type Gauss2mf.*



**Grafik 3.** Hasil peramalan (*forecasting) Type Gaussmf*

Pada gambar Grafik 1. di atas, menunjukkan grafik hasil peramalan (*forecast)* dari *Artificial Intelligence* metode *Neuro Fuzzy*. Ini adalah grafik dari hasil yang paling akurat dalam peramalan error, yaitu menggunakan *Type Gauss2mf.*

1. **SIMPULAN DAN SARAN**

Beradasarkan hasil peramalan (*forecasting)* data *Time Series* Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Nusa Tenggara Barat pada tahun 2019 dengan menggunakan metode *Artificial Intelligen Neuro Fuzzy*, yaitu Fuzzy Mamdani dan ANFIS Sugeno.

Maka, didapat hasil yang akurat yaitu pada Type *Gauss2mf* dengan nilai MAD sebesar 0.354, MSE sebesar 1.570035, MAPE sebesar 0.049273 dan hasil error sebesar 0.95947.

Peneliti menyimpulkan bahwa hasil peramalan (*Forecasting)* menggunakan *Type Gauss2mf* merupakan type terbaik dan paling akurat dalam peramalan karena menghasilkan nilai error paling kecil diantara type-type yang lain.

**REFERENSI**

BPS. (2017). *Analisis Indikator Makro Sosial dan Ekonomi Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur*. Badan Pusat Statistik Jawa Timur.

Gaurav Kumar Nayak, Swathi J Narayanan, dan Ilango Paramasivam. (2013). Development and Comparative Analysis of Fuzzy Inference Systems for Predicting Customer Buying Behavior. *International Journal of Engineering and Technology.* Vol. 5. No. 5.

Gufron, A. (2010). *Penerapan Fuzzy Logic dalam Sistem Kenaikan Jabatan (studi kasus: PT Krakatau Daya Listrik Cilegon)*.

Kristianto, A. (2017). *Perancangan Alat Pengendali Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya Cacing Lumbricus Rubellus Menggunakan Metode Anfis (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System)*. Doctoral Dissertation, University Of Muhammadiyah Malang.

Mujilahwati, S., & Sulistiono, E. (2016). *Pemanfaatan Neural Fuzzy Dalam Pemilihan Hotel Di Kota Surabaya Berbasis Android*.

S. Hartati dan S. Kusumadewi. (2006). *Neuro-FuzzyIntegrasi SystemFuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sulhan, M. & Kairiah, Rizkiyatul. (2015). *Sistem Informasi Peramalan (Forecasting) Produksi Melalui Pendekatan Time Series Pada PT PN XII (Persero Malang).* Vol.7.

Syahputra, Ramadoni. (2015). Simulasi Pengendalian Temperatur Pada Heat Exchanger Menggunakan Teknik Neuro Fuzzy Adaptif. *Jurnal Teknologi.* Vol. 8 No. 2.

Tjahjono, A., Martiana, E., & Ardhinata, T. H. (2011). Penerapan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Untuk Sistem Pengambilan Keputusan Distribusi Obat pada Sistem Informasi Terintegrasi Puskesmas dan Dinas Kesehatan. Electronic Engineering Polytechnic Institute of Surabaya (EEPIS), Indonesia, 4(1), 338-344.

Warwick, K. (2012). *Artificial Intelligence: The Basics*. Routledge Publisher.