

PEMODELAN ANGKA HARAPAN HIDUP DI PROVINSI JAWA TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN METODE FEED FORWARD NEURAL NETWORK (FFNN)

Ni Wayan Dewinta Ayuni

Jurusan Akuntansi Politeknik Negeri Bali
Kampus Bukit Jimbaran, Bali. Telp +62 361 701981 ext 188
E-mail: dewintaayuni@gmail.com

ABSTRAK. Angka Harapan Hidup adalah salah satu indikator penting yang menunjukkan tingkat kesehatan masyarakat dan merupakan cerminan dari keberhasilan program-program kesehatan pemerintah. Beberapa faktor yang diduga dapat memengaruhi angka harapan hidup antara lain angka melek huruf, rata-rata lama sekolah, dan pengeluaran per kapita masyarakat. Penelitian ini membahas pemodelan angka harapan hidup di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan factor-faktor tersebut sebagai variable *predictor*. Metode yang digunakan adalah *Feed Forward Neural Network* (FFNN) dan sebagai perbandingan dilakukan juga pemodelan dengan menggunakan analisis regresi linier berganda. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode FFNN adalah model terbaik dalam memodelkan angka harapan hidup di provinsi Jawa Timur berdasarkan kriteria nilai *root mean square error* (RMSE) terkecil.

KATA KUNCI: Angka harapan hidup, regresi, *neural network*, *feed forward neural network*

MODELING LIFE EXPECTANCY IN EAST JAVA PROVINCE BY USING FEED FORWARD NEURAL NETWORK (FFNN)

ABSTRACT. *Life expectancy is one of important indicator that shows the level of public health and is a reflection of the success of government's health programs. Several factors are thought to affect life expectancy among other factors, namely the literacy rate and average length of school, as well as financial factors such as per capita public expenditure. This study discusses the modeling of the life expectancy in the province of East Java by using these factors as predictor variables. The method used is the feed forward neural network (FFNN) and as comparison the linear regression is also conducted. The results indicate that FFNN method is the best method in modeling life expectancy in East Java province based on the smallest mean square error of prediction (MSEP).*

KEY WORDS: *Life expectancy, regression, neural network, feed forward neural network*

PENDAHULUAN

Angka harapan hidup merupakan salah satu indikator atau penilaian derajat kesehatan suatu negara dan digunakan sebagai acuan dalam berhasilnya perencanaan program-program kesehatan pemerintah (Anggraini dan Lisyaningsih, 2013:1). Angka Harapan Hidup disebut juga lama hidup manusia di dunia. Angka harapan hidup pada suatu umur tertentu didefinisikan sebagai rata-rata tahun hidup yang akan dijalani oleh seseorang yang telah berhasil mencapai umur tersebut dalam situasi kematian yang berlaku di lingkungan

masyarakatnya. Angka harapan hidup juga merupakan indikator kesejahteraan masyarakat pada suatu wilayah. Angka harapan hidup merupakan alat untuk mengevaluasi kinerja pemerintah dalam meningkatkan kesejahteraan penduduk pada umumnya dan meningkatkan derajat kesehatan masyarakat pada khususnya (Faturrohim, 2011:5). Penelitian mengenai angka harapan hidup di suatu wilayah sangat penting guna mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap angka harapan hidup sehingga pemerintah di daerah tersebut dapat mencanangkan program untuk meningkatkan angka harapan hidup masyarakat di wilayahnya.

Pendidikan merupakan salah satu tombak penting dalam memajukan pembangunan di suatu daerah dan dapat berpengaruh pada tingkat kesejahteraan masyarakat di daerah tersebut. Beberapa indikator majunya pendidikan di suatu wilayah antara lain angka melek huruf serta rata-rata lama sekolah masyarakat di wilayah tersebut. Pada umumnya semakin maju pendidikan di suatu wilayah maka kesadaran masyarakat akan pentingnya memelihara kesehatan di wilayah tersebut akan semakin tinggi. Pentingnya hidup sehat di masyarakat, akan menyebabkan angka harapan hidup masyarakat di wilayah tersebut menjadi semakin tinggi. Hal itu dapat memicu dugaan bahwa pendidikan juga berpengaruh terhadap angka harapan hidup di wilayah tersebut.

Bidang keuangan dan ekonomi juga diduga dapat mempengaruhi angka harapan hidup masyarakat. Semakin tinggi tingkat ekonomi masyarakat dapat mendukung masyarakat dalam menjalankan hidup sehat dan memelihara kesehatan. Tingkat ekonomi masyarakat dapat dilihat dari berbagai variabel, salah satunya pengeluaran per kapita masyarakat. Hal ini pun memacu timbulnya dugaan bahwa tingkat pengeluaran perkapita masyarakat dapat memengaruhi angka harapan hidup masyarakat di daerah tersebut.

Jaringan saraf terpusat (*Neural Network*) merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut (Sari dan Gunawan, 2015: 306). Secara garis besar fungsi otak manusia dikelompokkan menjadi dua, yaitu fungsi belajar dan fungsi berpikir. Otak manusia terdiri dari miliaran sel (disebut neuron) yang memproses informasi. Setiap sel bekerja bagaikan sebuah *processor* sederhana dan saling berinteraksi dengan sel lainnya serta dengan pasangan paralelnya dalam menghasilkan kemampuan otak (Setiawan, 2008: 3).

Struktur *Neural Network* mirip dengan struktur otak manusia. Haykin (1999: 4) menyatakan bahwa *neural network* adalah sebuah mesin yang dirancang untuk memodelkan cara kerja otak manusia dalam mengerjakan fungsi atau tugas-tugas tertentu. *Neural network* terdiri atas sejumlah elemen pemroses informasi yang disebut neuron.

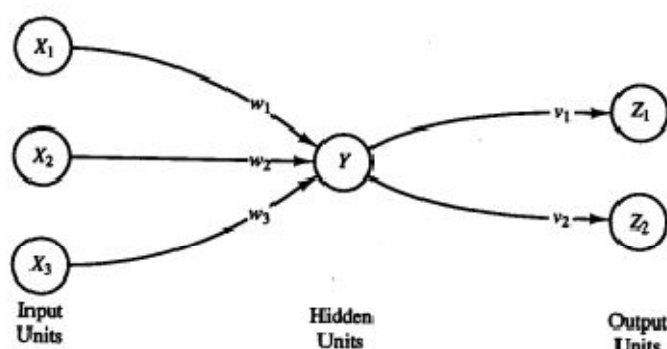
Neuron-neuron dalam *neural network* disusun dalam grup, yang disebut dengan *layer* (lapis). Susunan neuron-neuron dalam *layer* dan pola koneksi di dalam dan antar *layer* disebut

dengan arsitektur jaringan (Sari, 2014: 1). Arsitektur ini merupakan salah satu karakteristik penting yang membedakan *neural network*. Secara umum terdapat tiga *layer* yang membentuk *neural network* yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*.

Unit-unit di *input layer* disebut unit-unit *input*. Unit-unit *input* tersebut menerima pola *input* dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan. Banyak *node* atau neuron dalam *input layer* tergantung pada banyaknya *input* dalam model dan setiap *input* menentukan satu neuron (Chatfield dan faraway, 1998: 232).

Hidden layer merupakan lapisan tersembunyi yang tidak dapat diamati secara langsung (Kao dan Huang, 2000:221). *Hidden layer* terletak di antara *input layer* dan *output layer*. Nilai dari *output layer* merupakan solusi *Neural Network* terhadap suatu permasalahan. Setelah melalui proses *training*, *network* merespon *input* baru untuk menghasilkan *output* yang merupakan hasil peramalan atau prediksi (Kusumadewi, 2014: 34).

Arsitektur jaringan *neural network* diilustrasikan dalam Gambar 1 yang terdiri dari unit *input*, unit *output*, dan satu unit tersembunyi (Fausset, 1994: 12).



Gambar 1. Arsitektur *Neural Network* Sederhana

Informasi (sebagai *input*) dikirim ke neuron melalui suatu pembobotan *input*. *Input* ini diproses oleh suatu fungsi *propagation* yang menaikkan nilai bobot *input*. Hasilnya kemudian dibandingkan dengan *threshold* oleh fungsi aktivasi (Suhartono, 2005: 46). Fungsi aktivasi akan menentukan apakah sinyal dari *input* neuron akan diteruskan atau tidak (Jong, 2005: 23). Terdapat beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan pada *neural network* yaitu fungsi *threshold (heaviside)*, fungsi linier, dan fungsi *sigmoid* (Kusumadewi, 2014: 35)

Informasi yang dikirim dalam sebuah *Neural Network*, dipropagasi *layer – per – layer* mulai dari *input* hingga *output* tanpa atau melalui satu atau lebih *hidden layers*. Bergantung pada algoritma yang digunakan, informasi juga dapat dipropagasi ke arah belakang (*backpropagation*) (Warsito, 2006: 128)

Terdapat tiga jenis utama *neural network* yaitu *Feed Forward Neural Network (FFNN)*, *Radial Basis Function (RBF)*, dan *Kohonen Network (KN)*. Di antara ketiga metode

tersebut, metode FFNN yang paling banyak digunakan untuk melakukan prediksi (Meinanda, dkk, 2009: 32). Menurut Suhartono (2007:3), FFNN dapat dipandang sebagai suatu kelas yang fleksibel dari fungsi-sungsi nonlinier. Metode FFNN diperkenalkan oleh M. Minsky dan S. Papert pada tahun 1969. Jaringan pada model FFNN menggunakan algoritma *backpropagation*. Algoritma ini dikembangkan oleh David E. Rumelhalt, Geoffrei E. Hinton, dan Ronald J. Williams pada tahun 1986. Pengembangan algoritma ini menjadi awal kebangkitan riset di bidang *neural network* (Fajar dan Jatmiko, 2011: 291). William dan Li pada tahun 1998 telah meneliti penggunaan *neural network* dengan algoritma *backpropagation* untuk memprediksi pacuan kuda di Jamaika. *Neural network* dengan algoritma *backpropagation* yang digunakan dalam penelitian ini telah terbukti memberikan hasil prediksi yang baik (Farber dan Lapedes, 2008: 331).

Backpropagation adalah algoritma jenis terkontrol (*supervised*) yang menggunakan pola penyesuaian bobot untuk mencapai nilai kesalahan yang minimum antara *output* hasil prediksi dengan nilai nyata (Bambang, dkk, 1999: 34). Algoritma ini meliputi tiga tahap yaitu umpan maju (*feed forward*) dari pola *input*, penghitungan dan propagasi balik dari *error*, serta penyesuaian bobot. Pada tahap umpan maju setiap unit *input* menerima sinyal *input* (x_i) dan menyebarkannya ke unit tersembunyi z_1, \dots, z_p . Kemudian semua unit tersembunyi menghitung aktivasinya lalu mengirimkan sinyal (z_j) ke unit *output*. Setelah itu, unit *output* menghitung aktivasinya dan memprediksikan nilai variabel respons (Warsito, 2006: 37).

Diantara berbagai model *neural network*, *feed forward neural network* (FFNN) merupakan model yang lebih sering digunakan karena dikenal memiliki kemampuan pendekatan yang baik dan bersifat universal (Handaga dan Asy'ari, 2012: 2). Selain itu, metode ini telah terkenal akan keunggulannya yaitu memiliki nilai prediksi yang sangat mendekati nilai aktualnya sehingga menghasilkan galat yang kecil serta memiliki kemampuan untuk mendeteksi atau melakukan analisis untuk permasalahan yang sifatnya sangat kompleks. Metode ini tidak memiliki syarat atau asumsi tertentu (Setiawan, 2008: 2).

Jawa Timur merupakan wilayah dengan populasi kedua terbesar di Indonesia. Angka harapan hidup Provinsi Jawa Timur menduduki posisi 11 secara nasional. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan angka harapan hidup Provinsi Jawa Timur berdasarkan angka melek huruf, rata-rata lama sekolah, dan pengeluaran per kapita masyarakat dengan menggunakan metode *feed forward neural network* (FFNN). Sebagai perbandingan, dilakukan juga pemodelan yang sama dengan menggunakan regresi linier berganda.

Regresi linier adalah metode statistika yang digunakan untuk membentuk model hubungan antara variabel respons dengan satu atau lebih variabel *predictor*. Apabila banyaknya variabel bebas hanya ada satu, disebut sebagai regresi linier sederhana, sedangkan

apabila terdapat lebih dari satu variabel bebas, disebut sebagai regresi linier berganda (Draper dan Smith, 1996: 3). Sesuai namanya, hubungan yang dinyatakan dalam metode ini adalah hubungan linier antara variabel respons dan variabel prediktor. Analisis regresi linier memiliki beberapa asumsi yaitu galat model bersifat identik, independen, dan berdistribusi normal (Walpole, 1995: 15). Metode ini merupakan metode yang cukup populer untuk menggambarkan hubungan antara variabel respons dan variabel *predictor* karena bersifat *best linier unbiased estimator* atau penduga linier tak bias yang terbaik.

Kedua metode ini, yaitu metode FFNN dan Regresi Linier Berganda akan dibandingkan. Performa tiap model yang terbentuk diukur dengan menggunakan ukuran *mean square error prediction* (MSEP). Model terbaik diindikasikan dengan nilai MSEP yang kecil.

METODE PENELITIAN

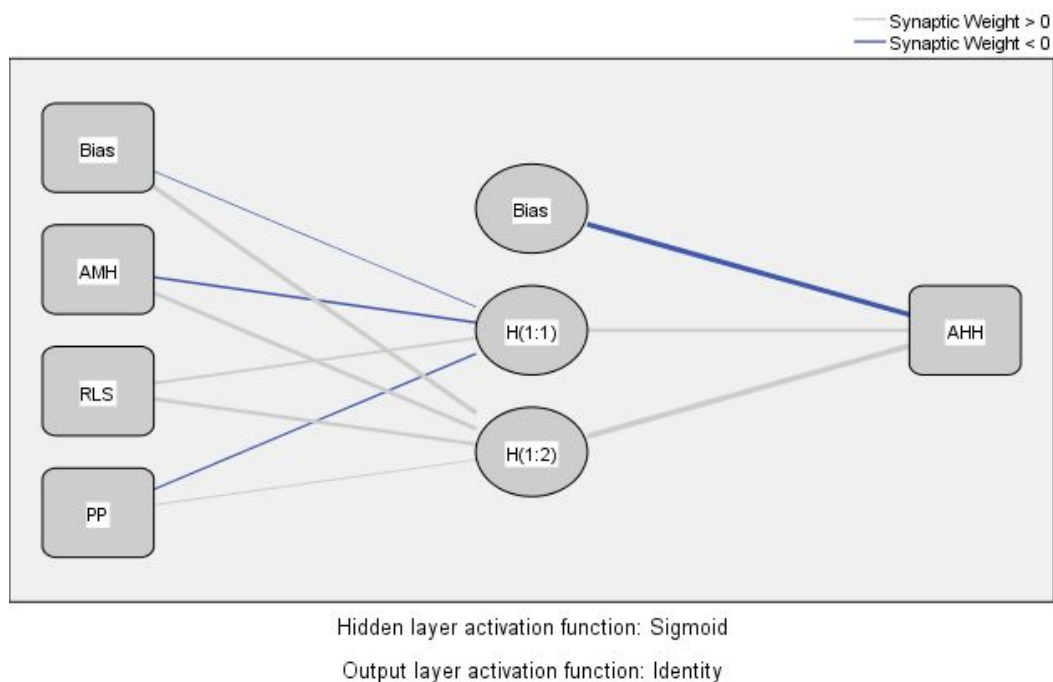
Tulisan ini didukung dengan menggunakan data sekunder. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data angka harapan hidup (AHH) Provinsi Jawa Timur sebagai variabel respons sedangkan variabel prediktor yang digunakan adalah angka melek huruf (AMH), rata-rata lama sekolah (RLS) dan pengeluaran per kapita (PP) masyarakat. Periode data yang digunakan adalah data tahun 2011. Data ini akan diolah dengan 2 metode yaitu regresi linear berganda, dan *feed forward neural network* (FFNN). Analisis dibagi menjadi analisis eksplanasi yaitu tanpa data *missing* dan analisis prediksi yaitu menduga data *missing* dengan menggunakan masing-masing model. Model terbaik dinilai dari nilai RMSEP terkecil yang dihasilkan.

PEMBAHASAN

Analisis Eksplanasi

Metode FFNN merupakan salah satu metode pada *neural network* dengan menggunakan fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi yang biasa digunakan pada *node* berasal dari fungsi non-linear seperti fungsi *heaviside*, fungsi *sigmoid*, fungsi *Gaussian* dan lain-lain (Handaga dan Asy'ari, 2012). Pada analisis ini fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi *sigmoid*. Fungsi ini merupakan fungsi aktivasi yang sangat umum digunakan untuk membangun jaringan dan secara matematik dapat diturunkan menjadi fungsi naik.

Gambar 2 menyajikan arsitektur jaringan yang digunakan untuk pemodelan angka harapan hidup di Jawa Timur dengan menggunakan satu *hidden layer* dan 2 *nodes*:



Gambar 2. Arsitektur Jaringan FFNN

Model yang terbentuk untuk arsitektur tersebut adalah:

$$y = -2,601 + \frac{1,543}{1 + \exp(-(-0,053 - 0,247AMH + 0,276RLS - 0,221PP))} + \frac{2,633}{1 + \exp(-(1,978 + 1,676AMH + 1,674RLS + 0,165PP))} \quad (1)$$

MSE yang dihasilkan oleh model ini adalah sebesar 2,3813.

Analisis regresi linier untuk pemodelan angka harapan hidup berdasarkan angka melek huruf, rata-rata lama sekolah, dan pengeluaran per kapita masyarakat di Provinsi Jawa Timur menghasilkan model sebagai berikut:

$$AHH = 56,8 + 0,329 AMH + 0,196 RLS - 0,0303 PP \quad (2)$$

Model ini menginterpretasikan bahwa apabila angka melek huruf (AMH) naik satu satuan maka angka harapan hidup (AHH) akan meningkat sebesar 0,329 kali sedangkan apabila rata-rata lama sekolah (RLS) naik satu satuan maka angka harapan hidup (AHH) akan meningkat sebesar 0,196 kali dan apabila pengeluaran perkapita (PP) naik satu satuan maka angka harapan hidup (AHH) akan menurun sebesar 0,0303 kali. Model tersebut menghasilkan koefisien determinasi R^2 sebesar 61,8% artinya model tersebut dapat menjelaskan keragaman data sebesar 61,8%. Pengujian secara serentak dilakukan dengan menggunakan uji F dengan hipotesis yang akan diuji adalah:

$$H_0 : \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p = 0$$

$$H_1: \text{Paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0$$

Hasil analisis data dari *output* minitab diperoleh F_{hitung} sebesar 20,93 dengan $p\text{-value} = 0,0$ sehingga untuk $\alpha = 5\%$ terlihat bahwa $p\text{-value} < \alpha$ maka keputusan yang diambil adalah tolak H_0 . Kesimpulannya model tersebut sudah sesuai terhadap data. Pengujian secara individu dilakukan dengan menggunakan uji t. Hipotesisnya adalah:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0$$

Dengan $k = 1, 2, 3$

Hasil uji t pengujian secara individu terhadap parameter regresi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Signifikansi Parameter Regresi Linear Berganda Tahun 2011

| Prediktor | Koef. | SE Koef. | T hitung | p-value | Keterangan |
|-----------|---------|----------|----------|---------|------------------|
| Konstan | 56,76 | 31,21 | 1,82 | 0,078 | |
| AMH | 0,329 | 0,0911 | 3,61 | 0,001 | signifikan |
| RLS | 0,196 | 0,4480 | 0,44 | 0,664 | tidak signifikan |
| PP | -0,0303 | 0,0494 | -0,61 | 0,554 | tidak signifikan |

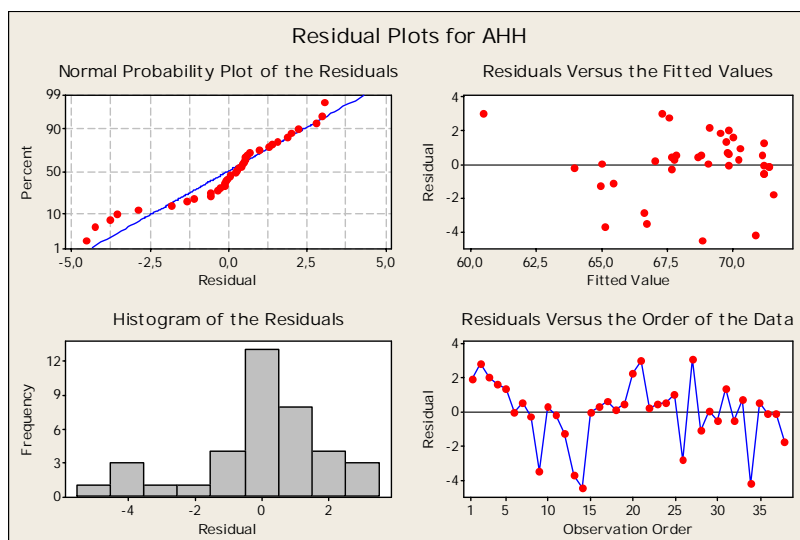
Tabel 1 menunjukkan bahwa variabel prediktor yang signifikan adalah angka melek huruf (AMH) sedangkan variabel lainnya yaitu rata-rata lama sekolah (RLS) dan pengeluaran perkapita (PP) tidak signifikan pada $\alpha = 5\%$. Setelah melakukan pemilihan model terbaik dengan menggunakan regresi *stepwise*, diperoleh model linier sebaga berikut:

$$HH = 37,2 + 0,348 \text{ AMH} \quad (3)$$

Artinya apabila angka melek huruf (AMH) naik satu satuan maka angka harapan hidup (AMH) akan meningkat sebesar 0,348 kali. R^2 yang dihasilkan sebesar 64,4% yang menunjukkan bahwa model tersebut dapat menjelaskan keragaman data sebesar 64,4%. Gambar 3 menyajikan plot *residual* untuk memeriksa asumsi yang harus dipenuhi.

Dari plot *residual* tersebut pada Gambar 3, dapat dikatakan bahwa *residual* tidak memenuhi asumsi kenormalan dengan nilai K-S sebesar 0,17 dan $p\text{-value} < 0,01$. *Residual* diduga tidak memenuhi asumsi identik karena plot *residual* terhadap nilai dugaan (*fitted value*) membentuk pola seperti corong (tidak acak) sedangkan asumsi independen diduga terpenuhi karena plot *residual* terhadap order acak (tidak membentuk suatu pola tertentu).

Karena tidak semua asumsi *residual* terpenuhi pada metode regresi linier ini, maka dapat dikatakan bahwa metode ini kurang layak untuk memodelkan angka harapan hidup (AHH) berdasarkan angka melek huruf (AMH), rata-rata lama sekolah (RLS) dan pengeluaran per kapita (PP).



Gambar 3. Plot *Residual* Regresi

Analisis Prediksi

Seperti langkah-langkah pada analisis eksplanasi, model dibentuk dengan menggunakan kedua metode yang telah disebutkan. Model yang terbentuk digunakan untuk memprediksi data yang telah *dimissingkan*. Banyaknya data yang *dimissingkan* pada analisis ini adalah sebanyak tiga data yaitu data Kabupaten Mojokerto, Pamekasan, dan Kabupaten Malang.

Tabel 2 menyajikan hasil prediksi angka harapan hidup kota yang *missing* yang diduga dengan menggunakan masing-masing metode.

Tabel 2. Nilai Aktual Angka Harapan Hidup dan Prediksi Masing-Masing Model

| Data Kab/Kota | Nilai Aktual | Nilai Prediksi | |
|---------------|--------------|----------------|-------|
| | | Regresi Linier | FFNN |
| Mojokerto | 70,56 | 70,21 | 70,51 |
| Pamekasan | 64,33 | 65,48 | 64,34 |
| Malang | 69,35 | 68,81 | 69,39 |

Tabel 2 menunjukkan bahwa baik regresi linier dan FFNN menghasilkan nilai prediksi yang dekat dengan nilai aktual. Namun jika diteliti secara numerik, FFNN menghasilkan nilai prediksi yang lebih dekat dengan nilai aktual. Ketepatan hasil prediksi diukur dengan kriteria MSEP (*Mean Square Error of Prediction*). Semakin kecil nilai MSEP maka semakin tepat

hasil prediksi dan model yang digunakan semakin baik. Tabel berikut menyantumkan nilai MSEP masing-masing metode.

Tabel 3. Nilai MSEP Masing-Masing Model

| Model | RMSEP |
|----------------|---------------|
| Regresi Linier | 0,5785 |
| FFNN | 0,0014 |

Tabel 3 menunjukkan bahwa metode FFNN memberikan nilai prediksi yang memiliki ketepatan yang sangat tinggi. Hal ini dilihat dari nilai MSEP yang dihasilkan metode ini sangat kecil. Jika dibandingkan dengan metode lain, MSEP yang dihasilkan oleh metode FFNN ini adalah yang paling kecil. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa model terbaik dalam memodelkan angka harapan hidup berdasarkan angka melek huruf, rata-rata lama sekolah, dan pengeluaran per kapita masyarakat adalah dengan menggunakan metode *feed forward neural network* (FFNN).

SIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan, diperoleh bahwa metode FFNN menghasilkan nilai MSEP terkecil sehingga dapat disimpulkan bahwa pemodelan angka harapan hidup (AHH) di Provinsi Jawa Timur berdasarkan angka melek huruf (AMH), rata-rata lama sekolah (RLS), dan Pengeluaran Perkapita (PP) paling baik menggunakan metode FFNN.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini dan Lisyarningsih. (2013). *Disparitas Spasial Angka Harapan Hidup di Indonesia Tahun 2010*. Jurnal Bumi Indonesia.
- Bambang, B., Widodo, R.J., Sutralaksana, dan Singgih. (1999). *Teknik Jaringan Saraf Tiruan Feed Forward Neural Network Untuk Prediksi Harga Saham pada Pasar Modal Indonesia*. Jurnal Informatika Vol. 1, No. 1, Mei 1999: 11-22. Hal. 33-37.
- Chatfield, C. dan Faraway, J. (1998). *Time Series Forecasting with Neural Networks: a Comparative Study Using the Airline Data*. Royal Statistical Society, 47, Part 2. Hal. 231-250,
- Drapper, N., R. dan Smith, H. (1996). *Applied Regression Analysis, 2nd edition*. New York: John Wiley & Sons. Chapman and Hall.
- Fajar, M. dan Jatmiko, W. (2011). *Implementasi Feedforward Neural Network Pada Field Programmable Gate Array Untuk Mendeteksi Sleep Apnea Menggunakan Data Ekstraksi ECG*. Konferensi Nasional Sistem dan Informatika. KNS:I11-046. Hal. 290-296
- Farber, R. dan Lapedes, A. (2008). *How Neural Nets Works*. Evolution, Learning, and Cognition. Hal. 331-345
- Faturrohim, R. (2011). *Pengaruh PDRB, Harapan Hidup, dan Melek Huruf terhadap Tingkat Kemiskinan di Jawa Tengah*. Skripsi. Universitas Diponegoro.
- Fausset, L. (1994). *Fundamental of Neural Network (Archetectors, Algorithms, and Applications)*. Upper Saddle River, New-Jersey: Prentice-Hall.
- Handaga, B. dan Asy'ari, H. (2012). *Kombinasi Algoritma Cuckoo-Search Dan Levenbergmarquadt (CS-LM) Pada Proses Pelatihan Artificial Neural Network (ANN)*. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS. ISSN: 1412-9612.
- Jong Jek Siang. (2005). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Kao, J.J dan Huang, S.S. (2000). *Forecasts Using Neural Network versus Box-Jenkins Methodology for Ambient Air Quality Monitoring Data*. Journal of the Air and Waste Management Association, 50. Hal. 219-226.
- Kusumadewi, F. (2014). *Peramalan Harga Emas Menggunakan Feed Forward Neural Network dengan Algoritma Backpropagation*. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Meinanda, Annisa, Narendi, dan Suryadi. (2009). *Prediksi Masa Studi Sarjana dengan Artificial Neural Network*. Internet Working Indonesia Journal Vol 1/No.2. ISSN: 1942-9703. Hal. 31-35.
- Sari, I.P. (2014). *Prediksi Data harga Saham Harian Menggunakan Feed Forward Neural Network (FFNN) dengan Pelatihan Algoritma Genetika*. Skripsi. Universitas Diponegoro.
- Sari, R. dan Gunawan. (2015). *Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Untuk Pemodelan Proses Ekstraksi Aturan dengan Search Tree*. Seminar Nasional "Inovasi Desain dan Teknologi". ISSN: 2089-1121. Hal. 306-313.
- Setiawan, Wahyudi. (2008). "Prediksi Harga Saham Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Multilayer Feedforward Network dengan Algoritma Backpropagation". Makalah

disajikan dalam Konferensi Nasional Sistem dan Informatika. Bali, 15 November 2008.

- Haykin, S. (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundaton*. Prentice Hall, 2nd Edition.
- Suhartono (2005). *Neural Networks, ARIMA and ARIMAX Models for Forecasting Indonesian Inflation*. Jurnal Widya Manajemen & Akuntansi, Vol. 5, No. 3, hal. 45-65.
- Suhartono. (2007). *Feed Forward Neural Network untuk Pemodelan Runtun Waktu*. Disertasi. Universitas Gadjah Mada.
- Walpole, Ronald E. (1995). *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Warsito, B. (2006). *Perbandingan Model Feed Forward Neural Network dan Generalized Regression Neural Network pada Data Nilai Tukar Yen terhadap Dolar AS*. Prosiding SPMIPA. pp. 127-131. ISBN: 979.704.427.0