

DESAIN FAKTORIAL UNTUK PEMBUKTIAN TEORI MASTERS DALAM PENENTUAN JUMLAH LAPISAN DAN NEURON TERSEMBUNYI PADA PERAMALAN MULTIVARIAT DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Dwi Ayu Lusiana^{*1}, Awalludiyah Ambarwati²

¹ Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya

² Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Narotama

Email: ¹dwiayulusiana@ub.ac.id, ²ambarwati1578@yahoo.com

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 26 Oktober 2018, diterima untuk diterbitkan: 13 Januari 2020)

Abstrak

Jaringan syaraf tiruan merupakan metode yang sangat sering digunakan untuk peramalan. Akurasi jaringan syaraf tiruan dipengaruhi oleh jumlah lapisan tersembunyi dan neuron didalamnya. Salah satu teori yang membahas tentang jumlah lapisan tersembunyi dan neuron didalamnya adalah Teori Masters. Teori Masters merumuskan jumlah neuron berdasarkan aturan *geometric pyramid*. Selain itu, Teori Masters juga mengungkapkan bahwa tidak ada alasan menggunakan lebih dari dua lapisan tersembunyi. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan kebenaran Teori Masters menggunakan metode desain faktorial. Kombinasi yang digunakan ialah 1, 5, 10, dan 15 neuron tersembunyi. Hasil penelitian menggunakan metode desain faktorial, menunjukkan bahwa rumus teori Masters memiliki peringkat yang cukup baik yaitu 50% teratas untuk data *training* maupun *testing*. Aturan *geometric pyramid* memiliki akurasi yang baik pada data *training*. Akan tetapi aturan tersebut tidak berlaku pada data *testing*. Model jaringan syaraf tiruan dengan empat lapisan tersembunyi memiliki nilai akurasi RMSE (*Root Mean Square Error*) terbaik pada data *training* dan *testing*. Semakin banyak lapisan tersembunyi maka semakin baik nilai RMSE data *training* maupun data *testing*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Teori Masters yang menyebutkan bahwa tidak ada alasan menggunakan lebih dari dua lapisan tersembunyi, terbukti tidak valid.

Kata kunci: *lapisan, neuron, tersembunyi, Masters, desain, faktorial*

FACTORIAL DESIGN FOR MASTERS'S THEORY PROOFING OF DECIDE HOW MANY HIDDEN LAYERS AND NEURONS IN MULTIVARIATE FORECASTING USING NEURAL NETWORK

Abstract

Artificial neural networks is a forecasting method a very common method for forecasting. Accuracy of artificial neural networks is influenced by the number of hidden layers and neurons in them. One theory that discusses the number of hidden layers and neurons in them is the Masters Theory. Masters Theory formulates the number of neurons based on *geometric pyramid* rules. In addition, the Masters Theory also reveals that there is no reason to use more than two hidden layers. This study aims to prove the Masters Theory using factorial design methods. The combinations used are 1, 5, 10, and 15 hidden neurons. Based on factorial design methods in this study, it can be concluded that the formula for many neurons has adequate rating of 50% above, both training and testing data. The *geometric pyramid* rules have good accuracy in training data. However, this rule does not apply to data testing. The artificial neural network model with four hidden layers has the best RMSE (*Root Mean Square Error*) accuracy values in training and testing data. The more hidden layers will obtain better RMSE in both training dan testing datasets. Thus, the Masters Theory which states that there is no reason to use more than two hidden layers, proved to be invalid.

Keywords: *hidden, layer, neurons, Masters, factorial*

1. PENDAHULUAN

Jaringan syaraf tiruan merupakan metode yang sedang tren saat ini. Jaringan syaraf tiruan pertama

dikembangkan tahun 1943 oleh Mc Culloch dan Pits yang mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia (Kusumadewi, 2004).

Jaringan syaraf tiruan sering digunakan untuk kasus peramalan. Beberapa penelitian yang menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk peramalan ialah peramalan semen (Pawoko, Cholissodin, & Dewi, 2018), peramalan curah hujan (Otok et al., 2012; Sihananto & Mahmudy, 2017; Utomo, Mahmudy, & Anam, 2017), prediksi penerimaan beasiswa (Pujiyanto, Kusri, & Sunyoto, 2018), prediksi distribusi air PDAM (Jauhari, Himawan, & Dewi, 2016), peramalan debit bendungan (Hakim, Indriati, & Supianto, 2018), peramalan luas area terbakar di hutan (Aminulloh, Adinugroho & Supianto, 2018), peramalan produksi gula (Rachman, Cholissodin, & Fauzi, 2017), prediksi tingkat keuntungan usaha peternakan itik alabio petelur (Diputra, Dewi, & Wihandika, 2017), peramalan produksi kelapa sawit (Sinaga, Setiawan, & Marji, 2018), peramalan kedatangan turis (Yao et al., 2018), peramalan penjualan fashion retail (Loureiro, Miguéis, & da Silva, 2018). Akan tetapi penelitian tersebut sedikit yang memiliki neuron *output* lebih dari satu dan neuron *input* lebih dari sepuluh.

Terdapat tiga hal yang harus ditentukan dari metode jaringan syaraf tiruan (Haykin, 1999; Siang, 2009), yaitu pola hubungan antar neuron atau arsitektur jaringan, metode *training* atau *learning*, dan fungsi aktivasi. Pola hubungan tergantung dengan jumlah *layer* (berserta dengan jumlah neuron pembentuknya) dan arah hubungan antar neuron. Metode *training* atau *learning* ialah metode yang digunakan untuk menentukan bobot penghubung pada jaringan syaraf tiruan. Terdapat banyak metode *training* untuk jaringan syaraf tiruan, meliputi *perceptron*, *backpropagation* atau *feed forward neural network* (FFNN), *radial basis function network* (RBFN), *learning vector quantization* (LVQ), *recurrent network*, *self organizing map*, dan *bayesian network* (Santosa, 2007a, 2007b). Fungsi aktivasi digunakan untuk mengaktifkan neuron (Kusumadewi, 2004). Fungsi aktivasi memiliki beberapa jenis yang meliputi *threshold*, *threshold bipolar*, *hyperbolic tangent*, *sigmoid*, *identity*, dan *softmax* (Kusumadewi, 2004; Siang, 2009).

Jumlah lapisan tersembunyi beserta dengan neuron didalamnya adalah salah satu hal yang mempengaruhi performansi metode jaringan syaraf tiruan. Salah satu penelitian yang membahas mengenai lapisan tersembunyi dan neuron didalamnya ialah Teori Masters (Masters, 1993) yang menyebutkan bahwa tidak ada alasan untuk menggunakan lebih dari dua *layer*. Dengan kata lain, jaringan syaraf tiruan hanya memiliki lapisan *input*, satu lapisan tersembunyi, dan lapisan *output*.

Jumlah lapisan tersembunyi maupun neuron didalamnya berdasarkan Teori Masters perlu dibuktikan kembali. Hal ini dikarenakan jaringan syaraf tiruan sering hanya memiliki satu neuron pada lapisan *output*. Penelitian ini dilakukan untuk membuktikan validitas Teori Masters tentang penentuan jumlah lapisan dan neuron tersembunyi

pada jaringan syaraf tiruan untuk peramalan multivariat. Pembuktian dilakukan menggunakan metode desain faktorial.

Desain faktorial adalah desain eksperimen dengan minimal dua variabel independen atau faktor yang dimanipulasi (Santoso, 2010). Faktor tersebut dikombinasikan atau disilangkan dengan faktor lainnya. Tujuan dari desain faktorial ialah mengukur variabel, menentukan variabel yang paling berpengaruh, dan mengukur interaksi antar variabel (Montgomery, 2017).

Pengujian dilakukan pada lapisan *output* yang memiliki lebih dari satu neuron (multivariat) dan untuk lapisan tersembunyi mulai satu sampai empat. Pada jaringan syaraf tiruan dengan satu lapisan tersembunyi akan dilakukan 1 sampai 15 neuron. Sedangkan jaringan syaraf tiruan dengan dua sampai empat lapisan tersembunyi akan dibuktikan dengan desain faktorial atau kombinasi dari 1, 5, 10, dan 15 neuron pada setiap lapisan tersembunyi.

2. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah dalam penelitian ini meliputi:

- i. Data Training dan Testing dari IHSG
Data yang digunakan untuk peramalan multivariat ialah data harian IHSG (Indeks Harga Saham Gabungan) *open*, *high*, *low*, dan *close* pada 4 Januari 2000 sampai 30 Desember 2016 sebagai data *training* dan 2 Januari sampai 29 Desember 2017 sebagai data *testing*.
- ii. Penentuan arsitektur jaringan syaraf tiruan
 - a. pola hubungan antar neuron. Terdapat dua hal yang ditentukan dalam pola hubungan antar neuron yaitu jumlah lapisan (berserta dengan jumlah neuron pembentuknya) dan arah hubungan antar neuron. Arah hubungan antar neuron yang digunakan ialah satu arah. Berikut ini merupakan rancangan dari setiap lapisan
 1. Lapisan input. Jumlah neuron *input* pada jaringan syaraf tiruan ditentukan berdasarkan signifikan lag pada PCCF atau *Partial Cross Correlation Function* (Crone dan Kourentzes, 2009) berdasarkan data yang telah stasioner.
 2. Lapisan tersembunyi.
 - Skema 1. memiliki 1 lapisan tersembunyi dengan 8 neuron tersembunyi (berdasarkan teori Masters)
 - Skema 2. memiliki 1 lapisan tersembunyi dengan 1, 2, 3, sampai dengan 15 neuron tersembunyi (berdasarkan desain faktorial)
 - Skema 3. memiliki 2 lapisan tersembunyi dengan 10 dan 6 neuron tersembunyi (berdasarkan Teori Masters)
 - Skema 4. memiliki 2 lapisan tersembunyi dengan kombinasi 1, 5, 10, 15 neuron setiap lapisan tersembunyi (berdasarkan desain faktorial)

seperti (1;5), (1;10), (1;15), (5;1), (5;10), (5;15), (10;1), (10;5), (10;10), (10;15), (15;1), (15;5), (15;10), (15;15).

- Skema 5. memiliki 3 lapisan tersembunyi dengan 11, 8, dan 6 neuron tersembunyi (berdasarkan teori Masters)
- Skema 6. memiliki 3 lapisan tersembunyi dengan kombinasi 1, 5, 10, 15 neuron setiap lapisan tersembunyi (berdasarkan desain faktorial)
- Skema 7. memiliki 4 lapisan tersembunyi dengan 12, 9, 7, dan 5 neuron setiap lapisan tersembunyi (berdasarkan Teori Masters)
- Skema 8. memiliki 4 lapisan tersembunyi dengan kombinasi 1, 5, 10, 15 neuron setiap lapisan tersembunyi (berdasarkan desain faktorial)
3. Lapisan output. Jumlah neuron output pada jaringan syaraf tiruan meliputi *open*, *high*, *low*, *close* IHSG pada waktu t.
- b. metode *training* atau *learning* yang digunakan dalam penelitian ialah *backpropagation* atau *feed forward neural network* (FFNN)
- c. fungsi aktivasi yang digunakan ialah *hyperbolic tangent*:

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (3)$$

Fungsi aktivasi *hyperbolic tangen* memiliki *output* dari -1 sampai 1.

- iii. Peramalan data testing, yaitu meramalkan sebanyak 239 data
- iv. Menghitung akurasi peramalan data training dan testing. Akurasi dihitung dengan RMSE (*Root Mean Square Error*) data *training* dan *testing*.
- v. Membandingkan hasil akurasi peramalan dari setiap arsitektur jaringan syaraf tiruan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data harian *open*, *high*, *low*, *close* IHSG untuk data *training* maupun *testing* disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa data harian *open*, *high*, *low*, dan *close* IHSG memiliki tren naik dan tidak memiliki pola musiman. Tren naik menunjukkan bahwa data tidak stasioner, sehingga data *open*, *high*, *low*, dan *close* IHSG akan dilakukan *differencing lag* 1.

Jumlah neuron *input* pada jaringan syaraf tiruan ditentukan berdasarkan signifikan lag pada PCCF atau *Partial Cross Correlation Function* (Crone dan Kourntzes, 2009). Data yang telah stasioner digunakan untuk membuat PCCF pada Gambar 2.

Tanda positif dan negatif pada Gambar 2 menyatakan bahwa lag tersebut signifikan. Sedangkan tanda titik menunjukkan bahwa lag tidak signifikan. Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa lag 1 pada *open*, *high*, *low*, *close* memiliki

signifikan sebanyak 3, 4, 4, dan 4. lag 2 dan 3 juga memiliki signifikan sebanyak minimal 3 pada setiap *open*, *high*, *low*, dan *close*. Sehingga lag yang digunakan adalah 1, 2, dan 3. Karena data yang digunakan *differencing lag* 1 dan maksimal lag adalah 3, maka lag 4 juga dimasukkan dalam model jaringan syaraf tiruan. Sehingga jumlah *input* neuron 16 dan jumlah neuron *output* adalah 4.

Setelah penentuan banyak neuron input dan output, banyak neuron tersembunyi akan dihitung menggunakan teori Masters. Jumlah neuron pada lapisan tersembunyi berdasarkan Masters (1993) mengikuti aturan *geometric pyramid*. Jumlah neuron pada satu lapisan tersembunyi dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$n_z = \sqrt{n_x n_y} \quad (1)$$

Dimana n_z adalah jumlah neuron tersembunyi, n_x ialah jumlah neuron *input* dan n_y adalah jumlah neuron *output*. Sehingga aturan *geometric pyramid*, dapat ditulis $n_x \geq n_z \geq n_y$.

Sedangkan jumlah neuron jika lebih dari satu lapisan tersembunyi dapat dihitung dengan Persamaan (2).

$$r = \sqrt[k+1]{\frac{n_x}{n_y}} \quad (2)$$

$$n_{z,m} = n_y r^{k-m+1}$$

Dengan $n_{z,m}$ adalah jumlah neuron pada lapisan tersembunyi ke m dan k adalah jumlah lapisan tersembunyi. Sehingga aturan *geometric pyramid*, dapat dituliskan $n_x \geq n_{z,1} \geq n_{z,2} \geq \dots \geq n_{z,k} \geq n_y$.

Berdasarkan Teori Masters, dapat dihitung jumlah lapisan tersembunyi dan neuron didalamnya yang ditampilkan pada Tabel 1. Dalam Tabel 1, dapat diketahui bahwa ketika jumlah lapisan tersembunyi adalah 8, terdapat neuron tersembunyi dengan jumlah yang sama. Hal ini sudah menyalahi aturan geometris. Penelitian ini hanya menggunakan maksimal 4 lapisan tersembunyi.

4.1. Satu Lapisan Tersembunyi

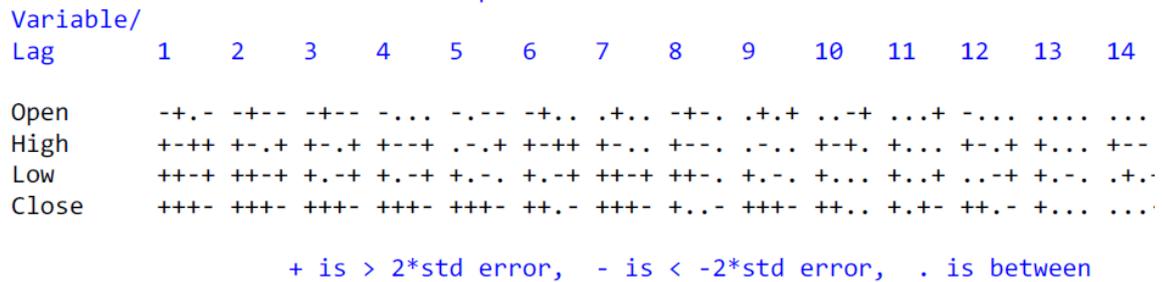
Jaringan syaraf tiruan dengan satu lapisan tersembunyi akan dilakukan satu sampai lima belas neuron tersembunyi. Gambar 3 dan 4 merupakan hasil RMSE data *training* dan *testing*. Dapat diketahui bahwa RMSE data *training* yang paling kecil diperoleh dari 12 neuron tersembunyi. Hal tersebut telah memenuhi kriteria Teori Masters tentang $n_x \geq n_z \geq n_y$. Jumlah neuron tersembunyi berdasarkan Teori Master (sebanyak 8) merupakan model terbaik ke-empat.

Jaringan syaraf tiruan dengan dua neuron tersembunyi merupakan model yang paling baik karena menghasilkan RMSE *testing* terkecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa menyangkal Teori Masters tentang $n_x \geq n_z \geq n_y$. Sedangkan neuron tersembunyi sebanyak delapan merupakan model

terbaik ketiga. Selain itu, neuron tersembunyi yang kurang dari empat, memiliki RMSE *testing* yang lebih besar daripada neuron tersembunyi lebih dari empat, kecuali sebanyak dua neuron tersembunyi.



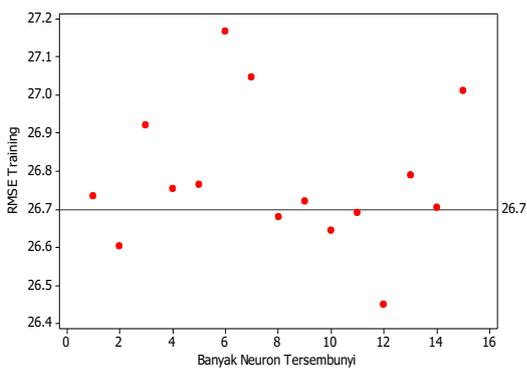
Gambar 1. Candlestick Plot untuk IHSG



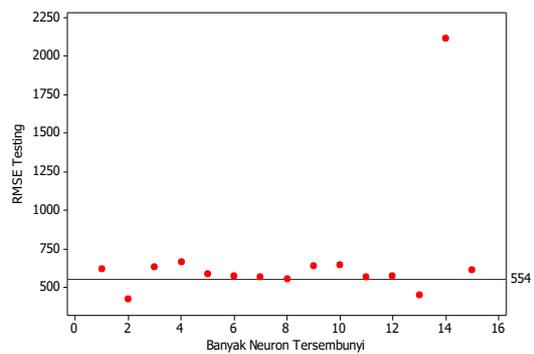
Gambar 2. PCCF Data Stasioner IHSG

Tabel 1. Jumlah Lapisan Tersembunyi dan Neuronnya berdasarkan Teori Masters

k	r	$n_{z,1}$	$n_{z,2}$	$n_{z,3}$	$n_{z,4}$	$n_{z,5}$	$n_{z,6}$	$n_{z,7}$	$n_{z,8}$	$n_{z,9}$
1	2	8								
2	1.59	10	6							
3	1.41	11	8	6						
4	1.32	12	9	7	5					
5	1.26	13	10	8	6	5				
6	1.22	13	11	9	7	6	5			
7	1.19	13	11	10	8	7	6	5		
8	1.17	14	12	10	9	7	6	5	5	
9	1.15	14	12	11	9	8	7	6	5	5



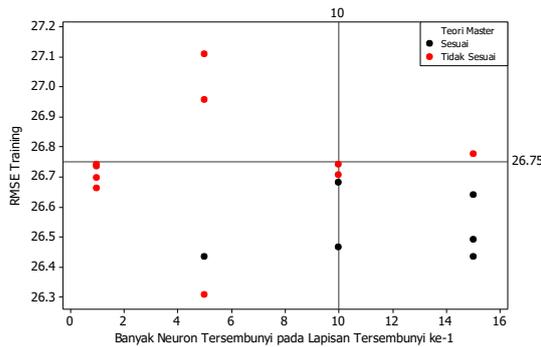
Gambar 3. Scatter Plot dari RMSE Data Training pada JST dengan Satu Lapisan Tersembunyi



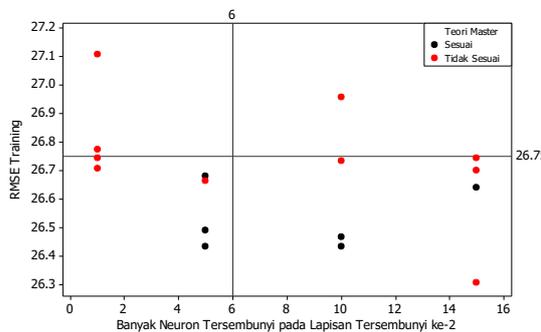
Gambar 4. Scatter Plot dari RMSE Data Testing pada JST dengan Satu Lapisan Tersembunyi

4.2. Dua Lapisan Tersembunyi

Terdapat 16 model jaringan syaraf tiruan dengan dua lapisan tersembunyi berdasarkan desain faktorial. 16 model tersebut diperoleh dari kombinasi 1, 5, 10, dan 15 neuron untuk setiap lapisan tersembunyi. Sedangkan berdasarkan Teori Master, dapat dibentuk model JST(16,10,6,4) atau 16 neuron input, 10 neuron pada lapisan tersembunyi pertama, 6 neuron pada lapisan tersembunyi kedua, dan 4 neuron *output*. RMSE training dan testing berdasarkan desain faktorial dan Teori Master dapat digambarkan seperti pada Gambar 5 dan 6 untuk RMSE data *training* serta Gambar 7 dan 8 untuk RMSE data *testing*.



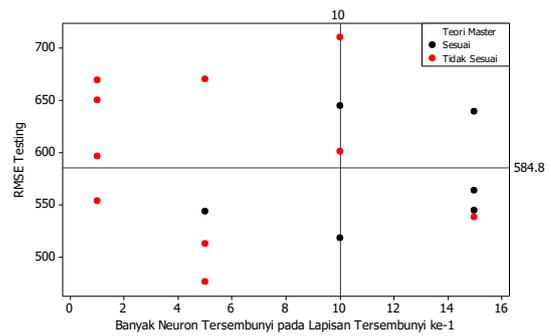
Gambar 5. Scatter Plot RMSE Data *Training* terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Pertama dari Dua



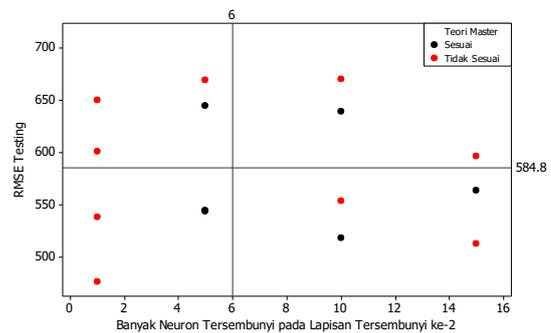
Gambar 6. Scatter Plot RMSE Data *Training* terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Kedua dari Dua

Jaringan syaraf tiruan berdasarkan Teori Master memiliki ranking 14 pada RMSE data *training* dan ranking 9 pada RMSE data *testing*. Sedangkan model dari desain faktorial terbaik (paling kecil nilai RMSE) dihasilkan pada JST(16,5,15,4) pada data *training* dan JST(16,5,1,4) pada data *testing*.

Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa model JST yang sesuai dengan Teori Masters $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_y$ memiliki RMSE data *training* yang lebih kecil daripada yang tidak sesuai dengan Teori Masters $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_y$. Model Master JST(16,10,6,4) ditunjukkan dengan garis RMSE data *training* sebesar 26.75. Model JST faktorial yang sesuai dengan $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_y$ memiliki nilai RMSE data *training* lebih kecil daripada model Master JST(16,10,6,4).



Gambar 7. Scatter Plot RMSE Data *Testing* terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Pertama dari Dua



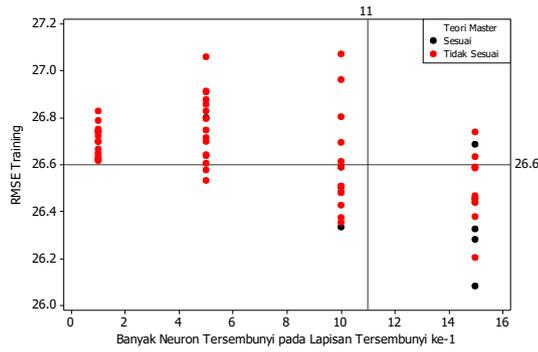
Gambar 8. Scatter Plot RMSE Data *Testing* terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Kedua dari Dua

Berdasarkan Gambar 7 dan 8, dapat diketahui bahwa model faktorial yang sesuai dengan teori Master $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_y$ memiliki RMSE data *testing* yang lebih kecil daripada tidak sesuai teori Master. Akan tetapi terdapat beberapa model faktorial yang sesuai teori Masters $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_y$ memiliki RMSE diatas JST(16,10,6,4).

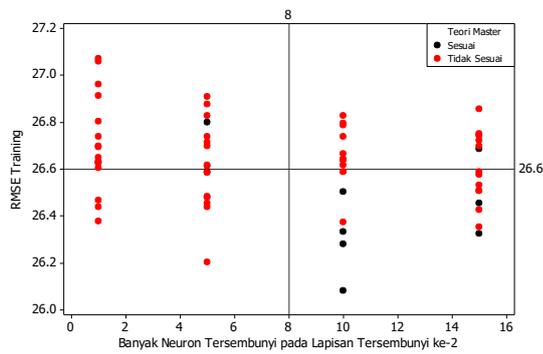
4.3. Tiga Lapisan Tersembunyi

Desain faktorial untuk tiga lapisan tersembunyi memiliki 64 model JST, yaitu kombinasi 1, 5, 10, dan 15. Sedangkan berdasarkan Teori Masters diperoleh model JST(16,11,8,6,4). RMSE data *training* dan *testing* untuk 65 model JST ditampilkan pada Gambar 9 sampai Gambar 14. Dari 65 model JST, model JST(16,11,8,6,4) mendapatkan peringkat ke 31 untuk data *training* dan peringkat ke 19 untuk data *testing*. Sedangkan peringkat pertama diperoleh model JST(16,15,10,5) untuk data *training* dan JST(16,5,15,1,4) untuk data *testing*.

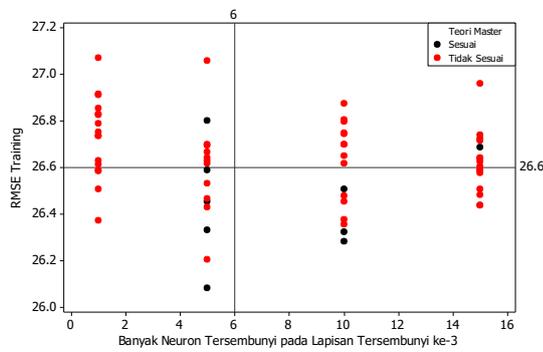
Berdasarkan Gambar 9 sampai 14, dapat diketahui bahwa model faktorial yang sesuai dengan teori Masters $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_{z.3} \geq n_y$ memiliki nilai RMSE data *training* diatas model JST(16,11,8,6,4). Sedangkan pada data *testing*, model JST yang sesuai dengan $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_{z.3} \geq n_y$ memiliki nilai RMSE data *testing* dibawah model JST(16, 11, 8, 6, 4).



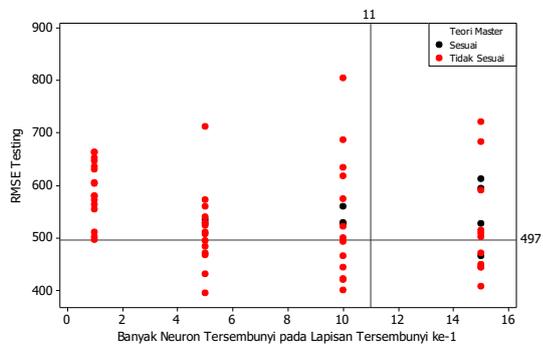
Gambar 9. Scatter Plot RMSE Data Training terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Pertama dari Tiga



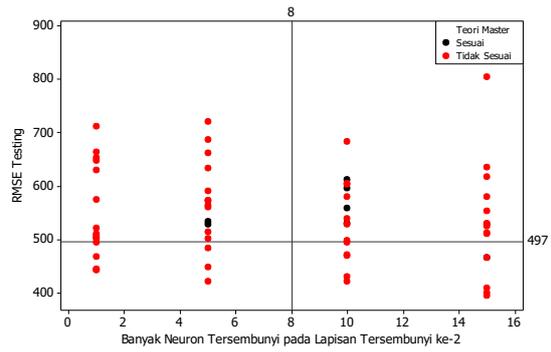
Gambar 10. Scatter Plot RMSE Data Training terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Kedua dari Tiga



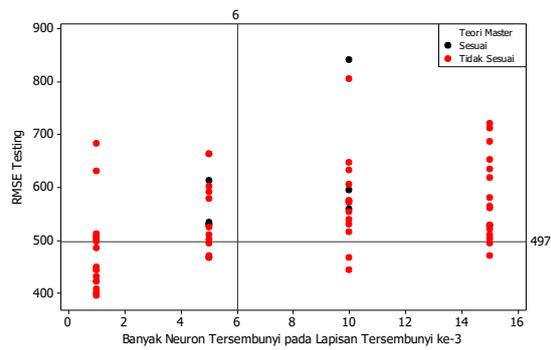
Gambar 11. Scatter Plot RMSE Data Training terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Ketiga dari Tiga



Gambar 12. Scatter Plot RMSE Data Testing terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Pertama dari Tiga



Gambar 13. Scatter Plot RMSE Data Testing terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Kedua dari Tiga

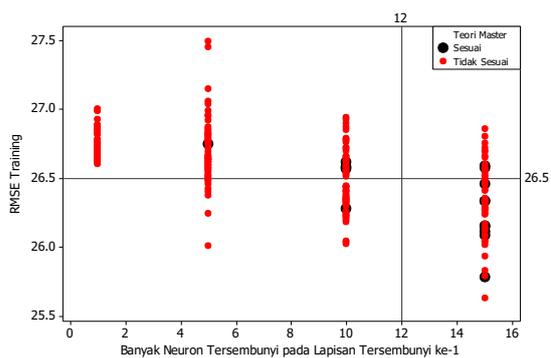


Gambar 14. Scatter Plot RMSE Data Testing terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Ketiga dari Tiga

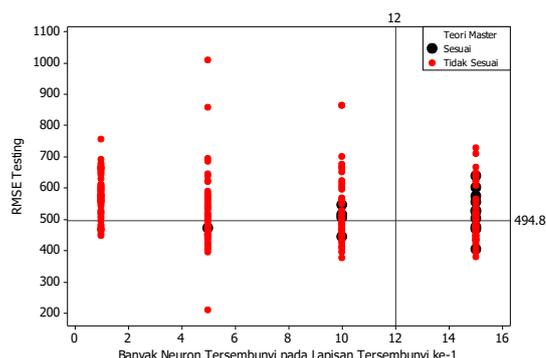
4.4. Empat Lapisan Tersembunyi

Desain faktorial untuk jaringan syaraf tiruan dengan empat lapisan tersembunyi terdiri dari 256 model yang merupakan kombinasi 1, 5, 10, dan 15. Nilai RMSE data training dan testing untuk model jaringan syaraf tiruan menggunakan desain faktorial maupun teori Masters dapat digambarkan seperti pada Gambar 15 sampai Gambar 22. Dari 256 model JST, model JST(16,12,9,7,5,4) mendapatkan peringkat ke 95 untuk data *training* dan peringkat ke 110 untuk data *testing*. Sedangkan peringkat pertama diperoleh model JST(16,15,10,15,10,4) untuk data *training* dan JST(16,5,1,1,1,4) untuk data *testing*.

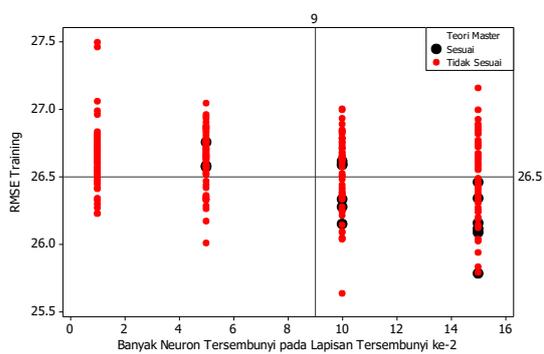
Berdasarkan Gambar 15 sampai Gambar 18, dapat diketahui bahwa model JST yang sesuai dengan teori Masters $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_{z.3} \geq n_{z.4} \geq n_y$ memiliki nilai RMSE data *training* dibawah model JST(16, 12, 9, 7, 5, 4). Sedangkan pada Gambar 19 sampai Gambar 22 menunjukkan hal yang berbeda, yaitu nilai RMSE data *testing* pada model JST yang sesuai dengan teori Masters $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_{z.3} \geq n_{z.4} \geq n_y$ berada diatas model JST(16, 12, 9, 7, 5, 4). Hal tersebut menunjukkan bahwa model JST yang sesuai dengan teori Masters $n_x \geq n_{z.1} \geq n_{z.2} \geq n_{z.3} \geq n_{z.4} \geq n_y$ memiliki nilai akurasi data *testing* yang cukup rendah.



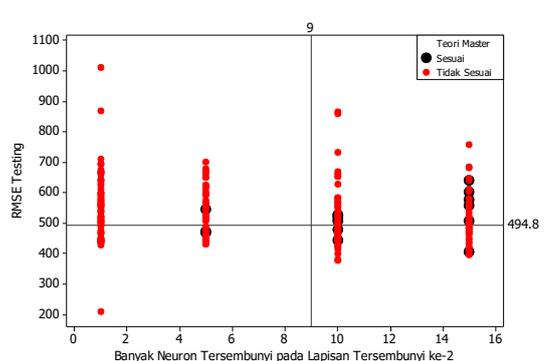
Gambar 15 Scatter Plot RMSE Data Training terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Pertama dari Empat



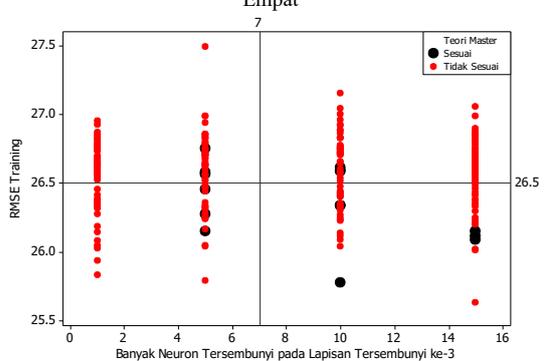
Gambar 19 Scatter Plot RMSE Data Testing terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Pertama dari Empat



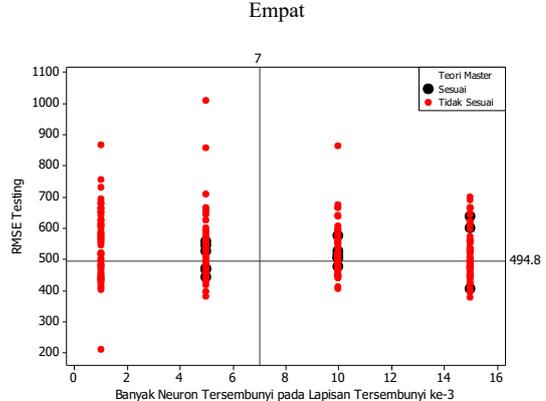
Gambar 16 Scatter Plot RMSE Data Training terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Kedua dari Empat



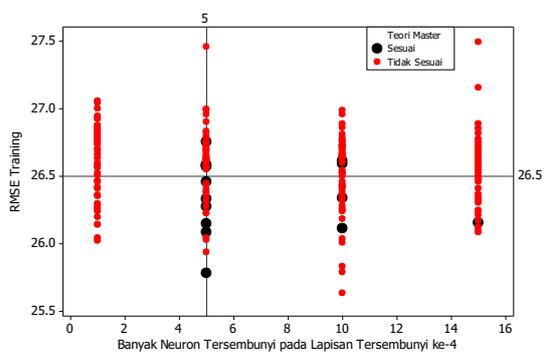
Gambar 20 Scatter Plot RMSE Data Testing terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Kedua dari Empat



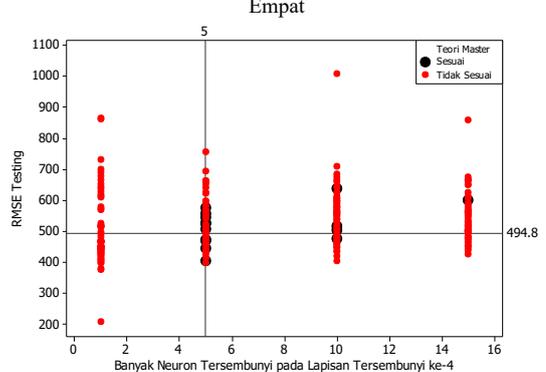
Gambar 17 Scatter Plot RMSE Data Training terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Ketiga dari Empat



Gambar 21 Scatter Plot RMSE Data Testing terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Ketiga dari Empat



Gambar 18 Scatter Plot RMSE Data Training terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Ke-empat dari Empat



Gambar 22 Scatter Plot RMSE Data Testing terhadap Banyak Neuron Tersembunyi pada Lapisan Tersembunyi Ke-empat dari Empat

4.5. Perbandingan Faktorial dan Masters

Evaluasi model berdasarkan teori Masters menggunakan desain faktorial dapat ditunjukkan dari peringkat dan perbandingan nilai RMSE model terbaik. Peringkat model dari Teori Master berdasarkan Persamaan (3) dan (4) dapat disajikan seperti berikut.

Tabel 2. Peringkat Model Masters terhadap Model Desain Faktorial

Lapisan Tersembunyi	Ranking Training	Ranking Testing
1	25%	19%
2	82%	53%
3	48%	29%
4	37%	43%

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa JST dengan 2 lapisan tersembunyi merupakan model terburuk karena peringkat 50% diatas baik pada data training maupun testing. Sedangkan pada JST dengan 1 dan 2 lapisan tersembunyi memiliki peringkat yang baik karena tidak lebih dari 30% terutama pada data testing. Tabel 3 merupakan evaluasi kedua adalah perbandingan nilai RMSE untuk model terbaik.

Tabel 3. Nilai RMSE Model Terbaik

Model	Training		Testing	
	RMS	E	Model	RMSE
F-JST(16,12,4)	26.45		F-JST(16,2,4)	417.7
M-JST(16,8,4)	26.68		M-JST(16,8,4)	553.7
F-JST(16,5,15,4)	26.31		F-JST(16,5,1,4)	476.3
M-JST(16,10,6,4)	26.75		M-JST(16,10,6,4)	584.8
F-JST(16,15,10,5,4)	26.08		F-JST(16,5,15,1,4)	394.7
M-JST(16,11,8,6,4)	26.62		M-JST(16,11,8,6,4)	497.0
F-JST(16,15,10,15,10,4)	25.63		F-JST(16,5,1,1,1,4)	207.7
M-JST(16,12,9,7,5,4)	26.53		M-JST(16,12,9,7,5,4)	494.8
				1

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa semakin banyak lapisan tersembunyi maka semakin baik nilai RMSE baik data *training* maupun *testing*. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai RMSE terkecil. Selain itu, Tabel 3 juga menunjukkan bahwa model terbaik dari desain faktorial dari paling banyak lapisan tersembunyi lebih baik daripada model jaringan syaraf tiruan dari persamaan (3) dan (4). Sehingga Teori Masters yang menyebutkan bahwa tidak ada alasan menggunakan lebih dari dua lapisan tersembunyi, terbukti tidak valid. Model terbaik dari desain faktorial tidak mengikuti teori Masters $n_x \geq n_{z,1} \geq \dots \geq n_{z,k} \geq n_y$ terutama pada data *testing*.

4. KESIMPULAN

Teori Masters pertama mengenai perhitungan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi seperti pada Persamaan (3) dan (4) memiliki peringkat 50% teratas, terutama pada data *testing*. Sehingga Persamaan (3) dan (4) cukup baik digunakan sebagai

acuan penentuan jumlah neuron tersembunyi. Sedangkan teori Masters kedua ialah mengenai $n_x \geq n_{z,1} \geq \dots \geq n_{z,k} \geq n_y$ telah terbukti memiliki nilai akurasi data *training* yang lebih baik daripada tidak memenuhi kriteria. Kriteria tersebut tidak berlaku pada akurasi data *testing*. Hal tersebut ditunjukkan dengan model JST dari desain faktorial memiliki nilai RMSE data *training* dan *testing* yang lebih baik daripada model JST dari Teori Masters. Model jaringan syaraf tiruan dengan empat lapisan tersembunyi memiliki nilai akurasi RMSE terbaik pada data *training* dan *testing*. Selain itu, penelitian ini juga menyimpulkan bahwa semakin banyak lapisan tersembunyi maka semakin baik nilai RMSE data *training* maupun data *testing*. Dengan demikian Teori Masters yang menyebutkan bahwa tidak ada alasan menggunakan lebih dari dua lapisan tersembunyi, terbukti tidak valid.

5. ACKNOWLEDGEMENT

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang mendukung penelitian ini. Terutama Universitas Brawijaya dan Narotama Trading Zone yang telah menyiapkan sarana untuk melakukan riset. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat yang lebih untuk semua peneliti dan institusi.

DAFTAR PUSTAKA

- AMINULLOH, A., ADINUGROHO, S., & SUPIANTO, A. A. (2018). Implementasi Metode Backpropagation Untuk Peramalan Luas Area Terbakar di Hutan dengan Inisialisasi Bobot Nguyen-Widrow. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(1), 8715–8723.
- DIPUTRA, M. I., DEWI, C., & WIHANDIKA, R. C. (2017). Prediksi Tingkat Keuntungan Usaha Peternakan Itik Alabio Petelur menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation (Kasus di Kabupaten Hulu Sungai Utara Kalimantan Selatan). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(2), 785–792.
- HAKIM, B. D., INDRIATI, I., & SUPIANTO, A. A. (2018). Peramalan Debit Bendungan Dengan Menggunakan Metode Backpropagation dan Algoritme Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(1), 7638–7645.
- HAYKIN, S. (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Prentice Hall.
- JAUHARI, D., HIMAWAN, A., & DEWI, C. (2016). Prediksi Distribusi Air PDAM Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Di PDAM Kota Malang. *Jurnal Teknologi Informasi Dan*

- Ilmu Komputer*, 3(2), 83–87.
<https://doi.org/10.25126/jtiik.201632155>
- KUSUMADEWI, S. (2004). *Membangun jaringan syaraf tiruan (menggunakan matlab & excel link)*. Yogyakarta: Graha ilmu.
- LOUREIRO, A. L. D., MIGUÉIS, V. L., & DA SILVA, L. F. M. (2018). Exploring the use of deep neural networks for sales forecasting in fashion retail. *Decision Support Systems*, 114, 81–93.
<https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.08.010>
- MASTERS, T. (1993). *Practical Neural Network Recipes in C++*. United Kingdom: Elsevier.
- MONTGOMERY, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- OTOK, B. W., LUSIA, D. A., SUHARTONO, FAULINA, R., SUTIKNO, & KUSWANTO, H. (2012). Ensemble method based on ARIMA-FFNN for climate forecasting. In *2012 International Conference on Statistics in Science, Business and Engineering (ICSSBE)* (pp. 1–4). <https://doi.org/10.1109/ICSSBE.2012.6396565>
- PAWOKO, M. A. G., CHOLISSODIN, I., & DEWI, R. K. (2018). Prediksi Jumlah Permintaan Semen Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(1), 7934–7940.
- PUJIANTO, A., KUSRINI, K., & SUNYOTO, A. (2018). Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Untuk Prediksi Penerima Beasiswa Menggunakan Metode Neural Network Backpropagation. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(2), 157–162.
<https://doi.org/10.25126/jtiik.201852631>
- RACHMAN, A. S., CHOLISSODIN, I., & FAUZI, M. A. (2017). Peramalan Produksi Gula Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Pada PG Candi Baru Sidoarjo. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(4), 1683–1689.
- SANTOSA, B. (2007a). *Data Mining Teknik Pemanfaatan Data untuk Keperluan Bisnis*. Yogyakarta: Graha ilmu.
- SANTOSA, B. (2007b). *Data Mining Terapan dengan Matlab*. Yogyakarta: Graha ilmu. Retrieved from <https://www.tokopedia.com/juarabuku/data-mining-terapan-dengan-matlab>
- SANTOSO, S. (2010). *Kupas Tuntas Riset Eksperimen dengan Excel 2007 dan Minitab 15*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- SIANG, J. J. (2009). *Jaringan Syaraf Tiruan Dan Pemrograman Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI. Retrieved from <https://www.belbuk.com/jaringan-syaraf-tiruan-dan-pemrograman-menggunakan-matlab-p-8134.html>
- SIHANANTO, A. N., & MAHMUDY, W. F. (2017). Rainfall Forecasting Using Backpropagation Neural Network. *Journal of Information Technology and Computer Science*, 2(2), 66–76.
<https://doi.org/10.25126/jitecs.2017229>
- SINAGA, R. F. P., SETIAWAN, B. D., & MARJI, M. (2018). Peramalan Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation (Studi Kasus PT.Sandabi Indah Lestari). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(11), 4613–4620.
- UTOMO, M. C. C., MAHMUDY, W. F., & ANAM, S. (2017). Kombinasi Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prakiraan Curah Hujan Timeseries di Area Puspo – Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(3), 160–167.
<https://doi.org/10.25126/jtiik.201743299>
- YAO, Y., CAO, Y., DING, X., ZHAI, J., LIU, J., LUO, Y., ... ZOU, K. (2018). A paired neural network model for tourist arrival forecasting. *Expert Systems with Applications*, 114, 588–614.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.08.025>

Halaman ini sengaja dikosongkan