

Tingkat Eror Jaringan Backpropagation pada Model Neuron 15-26-1 dan 15-29-1

Hidayati Mustafidah¹, Ichda Fatkhati Syarifah²

^{1,2}Teknik Informatika

Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Purwokerto, Indonesia

e-mail: ¹h.mustafidah@ump.ac.id, ²fsichda@gmail.com

Abstrak

Salah satu paradigma pembelajaran dalam jaringan syaraf tiruan (JST) terawasi adalah Backpropagation dan banyak dijadikan sebagai dasar pengembangan aplikasi berbasis JST. Kinerja JST ditentukan oleh algoritma pelatihan yang digunakan, sedangkan kinerja algoritma pelatihan dipengaruhi oleh banyaknya neuron dalam lapisan input dan besarnya laju pemahaman (learning rate/lr). Keoptimalan kinerja ini bisa didasarkan atas eror yang dihasilkan. Semakin kecil eror, maka semakin optimal kinerja dari algoritma. Pada penelitian sebelumnya, belum banyak diketahui secara pasti berapa besar eror dari algoritma pelatihan dalam jaringan Backpropagation untuk masukan 15 neuron. Oleh karena itu, 12 algoritma pelatihan diuji tingkat erornya dalam penelitian ini menggunakan beberapa variasi nilai lr mulai dari 0.01 hingga 1.0. Model neuron yang digunakan adalah 2 macam yaitu 15-26-1 dan 15-29-1. Perbandingan tingkat eror ini dilakukan menggunakan uji statistik ANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tingkat $\alpha=5\%$, algoritma pelatihan yang paling optimal ditinjau dari tingkat eror terkecil yaitu algoritma Levenberg Marquardt (LM) yang terjadi pada model neuron 15-26-1 sebesar 0.00011140701, sedangkan pada model neuron 15-29-1 sebesar 0.00012592701. Keduanya terdapat pada nilai $lr = 0.8$. Dengan demikian, algoritma pembelajaran LM bisa direkomendasikan sebagai algoritma untuk pengembangan aplikasi di bidang JST.

Kata-kata kunci: Backpropagation, model neuron, algoritma pelatihan, Levenberg Marquardt, eror..

Abstract

One of the learning paradigms in supervised artificial neural networks (ANN) is Backpropagation and is widely used as the basis for developing ANN-based applications. The performance of the ANN is determined by the training algorithm used, while the performance of the training algorithm is influenced by the number of neurons in the input layer and the magnitude of the learning rate (lr). This performance optimization can be based on the resulting error. The smaller the error, the more optimal the performance of the algorithm. In previous studies, not much is known with certainty how big the error of the training algorithm in the Backpropagation network for the input of 15 neurons is. Therefore, 12 training algorithms were tested for error levels in this study using several variations of lr values ranging from 0.01 to 1.0. There are 2 types of neuron models, namely 15-26-1 and 15-29-1. This error rate comparison was performed using the ANOVA statistical test. The results show that at the level of $\alpha=5\%$, the most optimal training algorithm in terms of the smallest error level is the Levenberg Marquardt (LM) algorithm that occurs in the 15-26-1 neuron model of 0.00011140701, while the 15-29-1 neuron model of 0.00012592701. Both are found at the value of $lr = 0.8$. Thus, the LM learning algorithm can be recommended as an algorithm for application development in the ANN field.

Keywords: Backpropagation, neuron model, training algorithm, Levenberg Marquardt, error.

1. Pendahuluan

Jaringan syaraf tiruan (JST) sebagai model komputasi yang dikembangkan berbasis jaringan biologis, memiliki elemen pengolah yang disebut sebagai neuron. Neuron-neuron ini saling terkait dan bertugas mentransformasikan informasi dari 1 neuron menuju neuron lainnya. Keterkaitan ini disebut dengan bobot [1]. Pelatihan jaringan syaraf tiruan dibagi menjadi dua, yaitu *supervised learning* dan *unsupervised learning*. Tujuan pelatihan dalam JST adalah melakukan modifikasi terhadap bobot hingga didapatkan bobot keluaran jaringan hampir menyamai atau sama dengan target yang diharapkan [2]. Pada

proses pelatihan, keluaran yang dihasilkan oleh jaringan dibandingkan dengan target. Modifikasi bobot dilakukan saat keluaran jaringan tidak sama dengan target.

Salah satu penemuan model jaringan syaraf tiruan yang diminati oleh banyak orang adalah Backpropagation, yang merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Lapisan tersembunyi terletak di antara lapisan input dan lapisan output. Lapisan jamak mampu menyelesaikan lebih banyak permasalahan yang rumit dibandingkan dengan lapisan tunggal, namun kesulitannya terletak pada saat *training* [3].

Lapisan tersembunyi dalam jaringan memungkinkan jaringan syaraf menghasilkan keluaran seperti yang diharapkan berdasarkan masukan yang diberikan [4]. Neuron ini merupakan pemroses informasi yang menjadi basis dalam pengoperasian JST [5]. Menurut [6], dalam menentukan jumlah neuron yang digunakan pada lapisan tersembunyi berkisar antara jumlah neuron lapisan input dan lapisan output, atau 2/3 ukuran lapisan input ditambah neuron lapisan output, atau kurang dari dua kali neuron dari lapisan input.

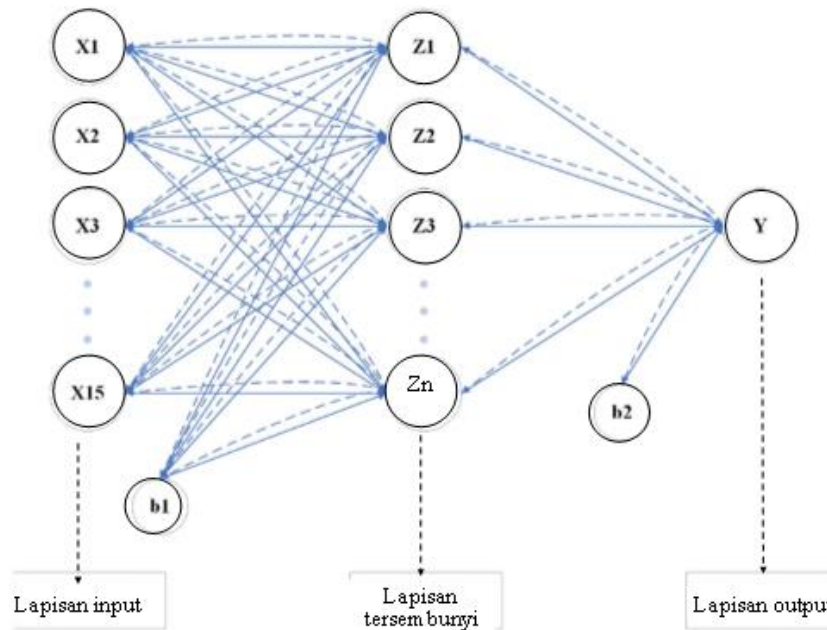
Sebuah pengukuran untuk melihat bagaimana jaringan dapat belajar dengan baik dalam mengenali pola yang baru bisa ditentukan menggunakan perhitungan kesalahan atau eror [7]. Eror jaringan merupakan selisih antara keluaran yang dihasilkan oleh jaringan (*current output*) dan keluaran yang diharapkan (*desired output*). Selisih yang dihasilkan antara keduanya ditentukan dengan menggunakan persamaan MSE (*Mean Squared Error*). MSE merupakan fungsi kinerja jaringan yang mengukur kinerja berdasarkan rata-rata dari kuadrat erornya.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, dengan menggunakan uji statistik pada tingkat $\alpha = 5\%$ dengan 5 neuron *input* dan 1 neuron *output* dihasilkan algoritma pelatihan Levenberg Marquardt (LM) sebagai algoritma yang memiliki eror terkecil [8] dan [9]. Algoritma pelatihan LM juga merupakan algoritma yang paling tepat dalam mengenali pola data seperti yang dilaporkan oleh [10]. Terkait penggunaan 15 neuron input juga telah dilakukan oleh [11] dengan 27 neuron pada lapisan tersembunyi dan 1 neuron. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap jaringan Backpropagation menggunakan 15 neuron input dengan 1 neuron output dan 2 variasi jumlah neuron dalam lapisan tersembunyi yaitu 26 dan 29 sesuai dengan aturan dalam [6].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran yaitu kualitatif-kuantitatif. Metode kualitatif dilakukan berupa pengembangan program komputer, sedangkan metode kuantitatif dilaksanakan dengan uji statistik [12]. Pengembangan kode program dilakukan menggunakan pemrograman MATLAB dengan memanfaatkan *toolbox neural network* yang bisa dipakai untuk fungsi – fungsi yang berkaitan dengan jaringan syaraf tiruan [13]. Selanjutnya data keluaran program dianalisis menggunakan uji statistika ANOVA dengan SPSS [14].

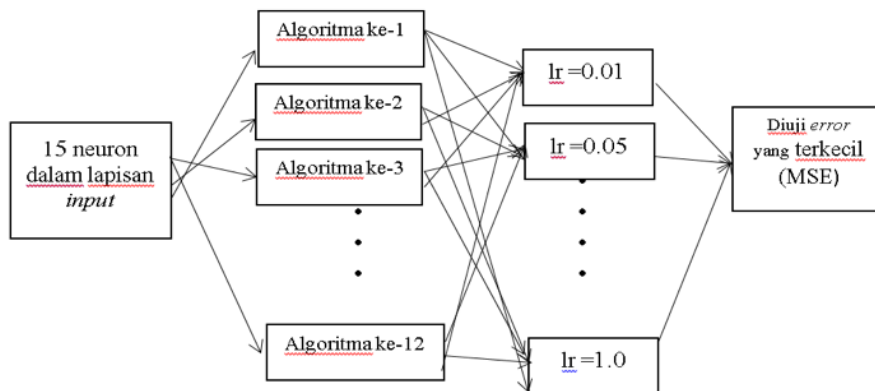
Variabel dalam penelitian ini yaitu 12 algoritma pelatihan (*Fletcher-Reeves Update*, *Polak-Ribière*, *Powell-Beale Restarts*, *Scaled Conjugate Gradient*, *Gradient Descent*, *Gradient Descent dengan Adaptive Learning Rate*, *Gradient Descent dengan Momentum*, *Gradient Descent dengan Momentum dan Adaptive Learning Rate*, *Resilient Backpropagation*, *BFGS*, *One Step Secant*, *Levenberg Marquardt* [15], variasi nilai lr yaitu 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1. Target eror yang digunakan adalah 0.001 (10^{-3}) dengan 2 macam model neuron yaitu 15-26-1 (15 neuron *input*, 26 neuron dalam lapisan tersembunyi, 1 neuron *output*) dan 15-29-1 (15 neuron *input*, 29 neuron dalam lapisan tersembunyi, 1 neuron *output*) seperti dalam desain arsitektur yang tersaji pada Gambar 1. Data penelitian berupa neuron masukan dan neuron target diperoleh dari data dokumentasi pada penelitian [16]. Data berupa bilangan random yang dibangkitkan menggunakan perangkat lunak komputer, berupa 15x15 data masukan dan 15x1 data target.



Gambar 1. Model neuron 15-n-1 dengan n = 26 dan 29

3. Hasil dan Pembahasan

Proses pelatihan dalam jaringan Backpropagation dapat menggunakan perintah “train” [4] untuk setiap algoritma yaitu: *traincgf*, *traincgp*, *traincgb*, *trainscg*, *traingd*, *traingda*, *traingdm*, *traingdx*, *trainlm*, *trainoss*, *trainbfg*, dan *trainrp*. Analisis data dimulai dari uji beda rata-rata MSE pada keduabelas algoritma pelatihan berdasarkan variasi nilai lr menggunakan alat uji ANOVA. Uji ANOVA dilakukan pada masing-masing model neuron yaitu 15-26-1 dan 15-29-1. Proses analisis terhadap data penelitian dilakukan menurut alur yang dikembangkan oleh [17] seperti terlihat pada Gambar 2. Analisis untuk mendapatkan error terkecil dilakukan menggunakan uji statistik ANOVA dengan tingkat $\alpha = 5\%$.



Gambar 2. Desain analisis data

Sesuai dengan Gambar 2, setiap model neuron diuji menggunakan ANOVA dengan tingkat $\alpha=5\%$ pada 12 algoritma pelatihan untuk setiap nilai lr. Hasil akhir yang diperoleh berupa nilai error (MSE).

Hasil uji pada kedua model neuron, diperoleh nilai signifikansi di bawah α untuk setiap nilai lr, kecuali pada lr = 0.2 pada model neuron 15-26-1 sebagaimana pada Tabel 1. Sesuai dengan hipotesis dalam uji ANOVA, bahwa jika sig. < α maka terdapat perbedaan rata-rata MSE pada 12 algoritma pelatihan yang diuji. Dengan demikian, perlu dilakukan analisis perbandingan ganda atau Multiple Comparison Analysis (MCA) [17]. Hasil MCA pada kedua model neuron disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 1. Nilai signifikansi (sig.) pada setiap variasi nilai lr pada kedua model neuron

Nilai lr	Model neuron 15-26-1	Model neuron 15-29-1
0.01	0.037	0.003
0.05	0.000	0.000
0.1	0.000	0.021
0.2	0.072	0.000
0.3	0.000	0.004
0.4	0.000	0.000
0.5	0.000	0.000
0.6	0.000	0.000
0.7	0.000	0.000
0.8	0.000	0.000
0.9	0.000	0.000
1.0	0.000	0.000

Tabel 2. Nilai eror terkecil pada algoritma pelatihan berdasarkan lr pada model 15-26-1

lr	Algoritma pelatihan	Nilai MSE terkecil
0.01	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00022245664
0.05	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00019138101
0.1	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00017691487
0.2	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00017317394
0.3	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00012467606
0.4	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00018367905
0.5	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00015725412
0.6	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00027339954
0.7	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00011651359
0.8	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00011140701
0.9	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00031754243
1.0	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00020158096

Tabel 3. Nilai eror terkecil pada algoritma pelatihan berdasarkan lr pada model 15-29-1

lr	Algoritma pelatihan	Nilai MSE terkecil
0.01	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00013535155
0.05	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00017759663
0.1	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00015080490
0.2	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00026232965
0.3	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00026503001
0.4	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00019548595
0.5	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00017940642
0.6	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00044058899
0.7	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00017591723
0.8	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00012592701
0.9	<i>Powell-Beale Restarts</i>	0.00065927415
1.0	<i>Levenberg-Marquardt</i>	0.00012897476

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa pada model neuron 15-26-1, algoritma Levenberg-Marquardt (LM) mencapai nilai eror paling kecil pada $lr = 0.8$. Selain itu, pada model neuron 15-29-1 pencapaian eror paling kecil juga terdapat pada $lr = 0.8$ yang dijalankan oleh algoritma pelatihan LM. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh [11] dengan model neuron berbeda yaitu 15-27-1 dengan capaian eror = 0.0000807 pada $lr = 0.8$. Selain pada nilai $lr = 0.8$, pencapaian eror kecil juga dihasilkan oleh algoritma LM pada jumlah neuron masukan = 5 yaitu pada nilai $lr = 0.01$ [8].

4. Kesimpulan

Penelitian ini memberikan simpulan bahwa algoritma pelatihan dalam jaringan Backpropagation yang memiliki tingkat eror terkecil adalah algoritma Levenberg Marquardt (LM) pada model neuron 15-26-1 dan 15-29-1. Kedua nilai eror ini dicapai pada nilai $lr = 0.8$. Dengan demikian, algoritma LM dapat dipertimbangkan sebagai algoritma pelatihan dalam pengembangan aplikasi berbasis jaringan syaraf tiruan. Untuk penelitian berikutnya, dapat dilakukan analisis terhadap kinerja algoritma pelatihan dengan menggunakan model neuron yang berbeda.

Daftar Pustaka

- [1] S. Shanmuganathan and S. Samarasinghe, *Artificial Neural Network Modelling*, vol. 628. Springer International Publishing, 2016.
- [2] T. Sutojo, E. Mulyanto, and V. Suhartono, *Kecerdasan Buatan*, 1st ed. Yogyakarta: ANDI, 2011.
- [3] W. Budiharto and D. Suhartono, *Artificial Intelligence Konsep dan Penerapannya*. Yogyakarta: Andi, 2014.
- [4] S. Kusumadewi, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan (Menggunakan Matlab dan Excel Link)*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [5] J. J. Siang, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*, 2nd ed. Yogyakarta: ANDI, 2009.
- [6] J. Heaton, *Intoduction to Neural Network With Java*. United States of America: Heaton Researc,inc, 2008.
- [7] S. Kusumadewi and S. Hartati, *Neuro-Fuzzy : Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [8] H. Mustafidah and S. Suwarsito, "Error Rate Testing of Training Algorithm in Back Propagation Network," *Int. J. Soft Comput. Eng.*, vol. 5, no. 4, pp. 46 – 50, 2015.
- [9] H. Mustafidah and S. Suwarsito, "Uji Keoptimalan Algoritma Pelatihan pada Jaringan Syaraf Tiruan," in *Prosiding Seminar Nasional SENATKOM 2015*, 2015, pp. 243–248.
- [10] H. Mustafidah, S. Hartati, R. Wardoyo, and A. Harjoko, "Selection of Most Appropriate Backpropagation Training Algorithm in Data Pattern Recognition," *Int. J. Comput. Trends Technol.*, vol. 14, no. 2, pp. 92–95, 2014, doi: 10.14445/22312803/ijctt-v14p120.
- [11] H. Mustafidah, A. Y. Rahmadhani, and H. Harjono, "Optimasi Algoritma Pelatihan Levenberg–Marquardt Berdasarkan Variasi Nilai Learning-Rate dan Jumlah Neuron dalam Lapisan Tersembunyi," *JUITA J. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 55–62, 2019.
- [12] H. Mustafidah and S. Suwarsito, *Dasar-dasar Metodologi Penelitian*. Purwokerto: UMP Press, 2020.
- [13] R. . Sianipar, *Pemrograman Matlab*. Yogyakarta: ANDI OFFSET, 2015.
- [14] S. Yamin and H. Kurniawan, *SPSS COMPLETE (Teknik Analisis Terlengkap dengan Software SPSS)*, 2nd ed. Jakarta: Salemba Infotek, 2014.
- [15] S. Kusumadewi, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & EXCEL LINK*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [16] H. Mustafidah and S. Suwarsito, "Model Parameter Jaringan Syaraf Tiruan untuk Pemilihan Algoritma Pelatihan Jaringan Backpropagation yang Paling Optimal," Purwokerto, Central Java, Indonesia, 2015.
- [17] H. Mustafidah and S. Suwarsito, "Testing Design of Neural Network Parameters in Optimization Training Algorithm," in *International Conference of Result and Community Services, 6th August 2016*, 2016, p. THN. 139-146.