

Mean Square Error pada Metode Random dan Nguyen Widrow dalam Jaringan Syaraf Tiruan

Mean Square Error on Random and Nguyen Widrow Method on Artificial Neural Networks

Hindayati Mustafidah^{1*}, Selvia Nur Rohman²

^{1,2}*Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Purwokerto*

*corr-author: h.mustafidah@ump.ac.id

ABSTRAK

Mean Square Error (MSE) merupakan salah satu ukuran kinerja jaringan syaraf tiruan berdasarkan rata-rata kuadrat kesalahan. Beberapa parameter jaringan yang terlibat dalam performa jaringan antara lain jumlah neuron, epoch, target eror, learning rate, serta metode penentuan bobot awal yang digunakan. Metode pembobotan awal dalam jaringan syaraf tiruan khususnya dalam algoritma Backpropagation, dikenal ada dua yaitu metode Random dan Nguyen Widrow. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap kedua metode pembobotan awal dalam pencapaian nilai MSE. Model neuron yang digunakan adalah 5-8-1. Data masukan dan data target diperoleh dengan cara membangkitkan bilangan random menggunakan software Matlab. Nilai MSE yang didapat dianalisis secara deskriptif dan dilakukan uji-t. Hasil dari analisis deskriptif diperoleh MSE pada metode Random sebesar 0.00019781325, sedangkan MSE pada metode Nguyen Widrow didapatkan sebesar 0.00016740400. Berdasarkan uji-t dengan menggunakan nilai alpha (α) = 5% diperoleh kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara nilai MSE pada metode Random dengan metode Nguyen Widrow. Namun berdasarkan pengujian dengan menggunakan nilai alpha (α) = 20% menunjukkan bahwa metode Nguyen Widrow memiliki nilai MSE yang lebih kecil daripada metode Random.

Kata-kata Kunci : MSE (Mean Square Error), Random, Nguyen Widrow, Jaringan Syaraf Tiruan

ABSTRACT

Mean Square Error (MSE) is a measure of artificial neural network performance based on the average squared error. Several parameters involved in network performance include the number of neurons, epoch, target error, learning rate, and the method for determining the initial weights. There are two known initial weighting methods in artificial neural networks, especially in the Backpropagation algorithm, namely the Random and Nguyen Widrow methods. In this research, testing was carried out on the two initial weighting methods in achieving the MSE value. The neuron model used is 5-8-1. Input and target data were obtained by generating random numbers using Matlab software. The MSE values obtained were analyzed descriptively, and a t-test was conducted. The results of the descriptive analysis showed that the MSE for the Random method was 0.00019781325, while

the MSE for the Nguyen Widrow method was 0.00016740400. Based on the t-test using an alpha value (α) = 5%, it was concluded that there was no significant difference between the MSE value for the Random method and the Nguyen Widrow method. However, based on testing using an alpha value (α) = 20%, it shows that the Nguyen Widrow method has a smaller MSE value than the Random method.

Keywords: MSE (Mean Square Error), Random, Nguyen Widrow, Artificial Neural Network

PENDAHULUAN

Teknologi komputer dari hari ke hari telah berkembang pesat. Dalam kehidupan manusia keberadaan teknologi tidak dapat dipisahkan. Pada zaman sekarang banyak peneliti yang memanfaatkan teknologi komputer yang dapat memiliki kemampuan mengambil keputusan atau menyelesaikan suatu masalah layaknya manusia. Salah satunya dari cabang AI (*Artificial Intelligence*) yaitu JST yang Dalam perkembangannya sekarang banyak yang mencoba menggantikan sistem otak manusia kedalam sistem komputer. Sistem tersebut dapat menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah. Sehingga dapat memudahkan dalam memecahkan suatu masalah dalam semua bidang keilmuan dan dapat diselesaikan dengan baik dan mudah.

Salah satu model yang terdapat pada JST adalah *Backpropagation*. *Backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran dalam JST yang terawasi (*supervised learning*) yang menggunakan model multilayer. Pembelajaran *Backpropagation* menggunakan pola penyesuaian bobot untuk mencapai nilai kesalahan minimum antara keluaran hasil prediksi dengan keluaran yang nyata (Kusumadewi, 2003). *Backpropagation* biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Algoritma *Backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi (Kusumadewi, 2004).

Jaringan saraf memiliki dua lapisan yaitu *input* dan *output*. Diantara dua lapisan jaringan saraf terdapat lapisan lain yang disebut layer tersembunyi. Lapisan-lapisan tersembunyi ini cukup disisipkan diantara lapisan *input* dan *output*. Lapisan yang tersembunyi bisa juga mengambil struktur yang lebih kompleks. Satu-satunya tujuan dari lapisan tersembunyi adalah untuk memungkinkan jaringan saraf lebih baik menghasilkan *output* yang diharapkan untuk input yang diberikan (Heaton, 2008).

Menurut (Mustafidah, Rahmadhani, et al., 2019), Metode *Backpropagation* menggunakan 12 algoritma dapat disimpulkan bahwa algoritma pelatihan *Levenberg-Marquard* merupakan algoritma yang paling optimal dalam menghasilkan *error* terkecil. algoritma pelatihan *trainlm* merupakan algoritma pelatihan yang paling optimal pada tingkat laju pembelajaran (*learning rate/lr*) = 0,05, dengan tingkat α = 5% (Mustafidah and Suwarsito, 2015), (Mustafidah and Suwarsito, 2018), (Mustafidah et al., 2014), dan (Mustafidah and Harjono, 2017).

Algoritma *Levenberg-Marquardt* merupakan algoritma yang paling optimal yang menghasilkan *error* terkecil sebesar 0.001001 menggunakan 5, 10, dan 15 neuron pada lapisan masukan. Dalam studi tersebut 10 neuron digunakan dalam lapisan tersembunyi. Sedangkan jumlah neuron pada *hidden layer* sangat berpengaruh terhadap kinerja jaringan, terutama pada *error* atau MSE (*Mean Squared Error*) yang dihasilkan yang berdampak pada tingkat akurasi keluaran jaringan (Mustafidah, Budiastanto, et al., 2019).

Algoritma JST *Backpropagation* bisa mengidentifikasi padi Ciherang dengan cukup baik, yaitu dilakukan dengan empat kali percobaan yang menghasilkan satu model dengan kinerja terbaik yaitu arsitektur jaringan yang memiliki lima node di lapisan masukan, delapan simpul di lapisan tersembunyi, dan satu simpul di lapisan keluaran, dengan kecepatan pembelajaran 0,01 dan iterasi maksimum 200. Evaluasi dari semua model yang telah diuji dan menghasilkan nilai yang berbeda. Hasil evaluasi model terbaik adalah model 5-8-1 dengan akurasi 82,66% (Aprilia et al., 2019).

Pemanfaatan *Nguyen Widrow* telah berhasil meningkatkan akurasi *Backpropagation* sebanyak 25%. *Backpropagation* dan *Nguyen Widrow* dapat diimplementasikan dengan Akurasi klasifikasi dari dalam sistem pengenalan daun yang telah dikembangkan rata-rata sebesar 83%. Tampak dengan jelas bahwa rata-rata akurasi dari sistem *Backpropagation* dengan *Nguyen Widrow* memiliki rata-rata lebih tinggi dibandingkan sistem yang tidak menggunakan *Nguyen Widrow*. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *Nguyen Widrow* pada inisialisasi awal *Backpropagation* sangat membantu meningkatkan akurasi/ketepatan sistem dalam mengenali objek yang dilatih (Muliantara and Erawan, 2014).

Oleh karena itu diperlukan penelitian dalam mengetahui perbandingan akurasi antara metode pembobotan awal *Random* dan metode *Nguyen Widrow* menggunakan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* pada neuron 5-8-1 dengan harapan dapat meningkatkan kemampuan klasifikasi metode mana yang paling optimal dalam menghasilkan *error* terkecil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* karena algoritma tersebut merupakan algoritma pelatihan yang paling optimal dalam menghasilkan *error* terkecil. Variabel yang diteliti dalam penelitian ini menggunakan beberapa parameter jaringan (Epohe Maksimal, *Learning rate (Lr)*, Target Error) diantaranya (Mustafidah, Budiastanto, et al., 2019):

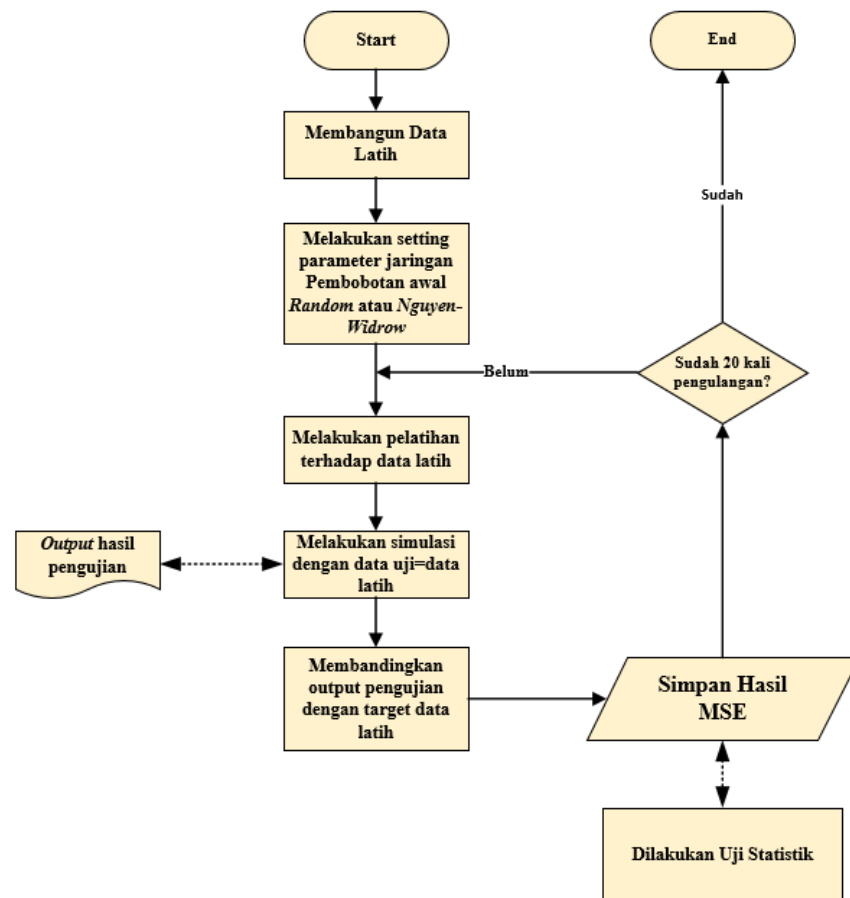
Epohe Maksimal	: 1000 atau 10^3
<i>Learning rate (Lr)</i>	: 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1
Target Error	: $0.001 (10^{-3})$
Neuron Masukan	: 5
Neuron Keluaran	: 1
Neuron dalam Lapisan Tersembunyi	: 8

1. Data Penelitian

Data dalam penelitian ini merupakan data dokumentasi yang diperoleh dari hasil penelitian Mustafidah dan Suwarsito (2015).

2. Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan pengujian MSE dengan bantuan software Matlab dengan membangun program algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* yang menggunakan metode pembobotan awal *Random* dan pembobotan *Nguyen Widrow*, seperti pada Gambar 1.



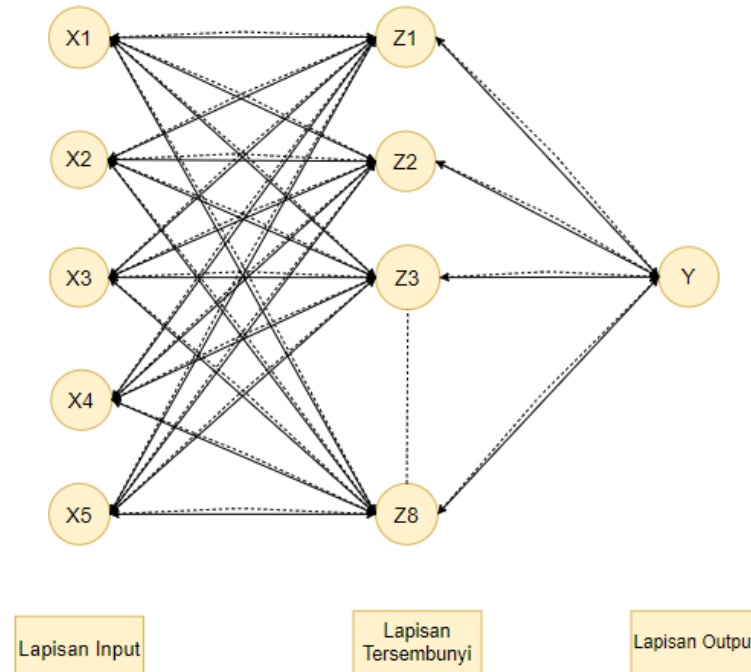
Gambar 1. Alur penelitian pembobotan awal *Random* atau *Nguyen Widrow*

Penjelasan dari Gambar 1 disampaikan seperti berikut.

- Membangun data latih
Pengumpulan data dengan membangkitkan data *Random* menggunakan matlab dengan interval $0 < x < 10$.
- Melakukan setting parameter
Parameter-parameter yang harus disetting untuk pelatihan adalah mengatur fungsi aktivasi (tansig dan purelin), algoritma pelatihan (*Levenberg-Marquardt*), model neuron (5-8-1), nilai epoch, target error, *learning rate*, dan inisialisasi bobot.
- Melakukan pelatihan terhadap data latih
Proses pembelajaran atau pelatihan pada jaringan syaraf tiruan sehingga dapat mengenali target.
- Melakukan simulasi dengan data uji = data latih
Perintah simulasi yang bertujuan untuk menghitung keluaran jaringan berupa output hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan target.
- Membandingkan output pengujian dengan target data latih yang nantinya menghasilkan nilai MSE.

3. Desain Model Neuron

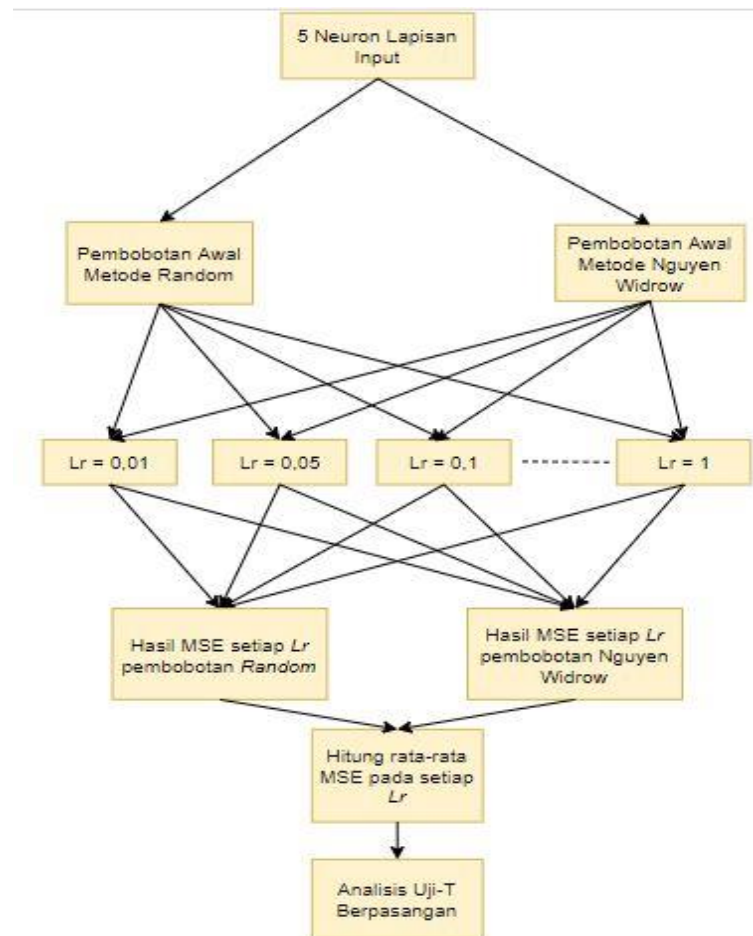
Desain model neuron yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan model neuron 5-8-1 yaitu terdapat 5 neuron *input*, 8 neuron pada lapisan tersembunyi, dan 1 neuron *output*, yang dapat dilihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain model neuron 5-8-1

4. Analisis Data

Desain analisis data pada penelitian ini menggunakan algoritma Levenberg-Marquardt pada metode pembobotan awal *Random* dan pembobotan *Nguyen Widrow*. Menggunakan 5 neuron lapisan input dan *learning rate* 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1. Setiap *learning rate* akan menghasilkan MSE pembobotan awal *Random* dan *Nguyen Widrow*. MSE setiap *learning rate* untuk pembobotan awal *Random* dan *Nguyen Widrow* akan menghasilkan rata-rata MSE untuk dibandingkan menggunakan analisis uji-t sampel berpasangan, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain analisis data

Pengujian dilakukan dengan menggunakan Uji-T sampel berpasangan dengan tahapan berikut :

1. Hipotesis untuk uji-t sampel berpasangan
 H_0 = Tidak ada perbedaan rata-rata MSE antara metode pembobotan awal *Random* dan pembobotan *Nguyen Widrow*.
 H_a = Terdapat perbedaan rata-rata MSE antara metode pembobotan awal *Random* dan pembobotan *Nguyen Widrow*.
2. Menentukan nilai α
 Dalam penelitian ini menggunakan nilai $\alpha = 0,05$
3. Wilayah kritik
 $T_{hitung} < t_{\alpha;(n-1)}$ atau $T_{hitung} > t_{\alpha;(n-1)}$
4. Perhitungan uji-t sampel berpasangan menggunakan software SPSS berdasarkan persamaan (1).

$$t_{hitung} = \frac{\bar{D}}{\frac{SD}{\sqrt{n}}} \tag{1}$$

t = nilai t hitung

\bar{D} = rata-rata selisih MSE dari pembobotan awal *Random* dan *Nguyen Widrow*

SD = standar deviasi selisih MSE dari pembobotan awal *Random* dan *Nguyen Widrow*

n = jumlah sampel

5. Pengambilan kesimpulan

$T_{hitung} < t_{\alpha;(n-1)}$ maka H_0 akan diterima.

$T_{hitung} > t_{\alpha;(n-1)}$ maka H_0 akan ditolak.

Karena perhitungan menggunakan software SPSS diambil berdasarkan nilai signifikan yang diperoleh (sig) dengan ketentuan H_0 ditolak jika $sig < \alpha$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Penelitian

Pada penelitian ini data masukan dan data target digunakan untuk menjalankan program JST menggunakan metode pembobotan awal *Random* dan pembobotan *Nguyen Widrow*. Sumber data masukan dan data target berasal dari hasil membangkitkan data *Random* menggunakan *software* matlab. Penelitian ini menggunakan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* yang dilakukan perulangan 20 kali. Data masukan yang digunakan terdiri dari 5 pola data pada setiap neuron input untuk dipasangkan dengan satu data target. Seperti pada Tabel 1, X1, X2, X3, X4, X5 adalah data masukan sedangkan Y data target.

Tabel 1. Data Masukan dan Data Target

Neuron Masukan					(Target) Y
X1	X2	X3	X4	X5	
9.5013	7.6210	6.1543	4.0571	0.5789	2.0277
2.3114	4.5647	7.9194	9.3547	3.5287	1.9872
6.0684	0.1850	9.2181	9.1690	8.1317	6.0379
4.8598	8.2141	7.3821	4.1027	0.0986	2.7219
8.9130	4.4470	1.7627	8.9365	1.3889	1.9881

2. Analisis Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan data keluaran program JST yang diperoleh dari nilai MSE algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* untuk setiap *learning rate* berdasarkan metode pembobotan awal *Random* dan pembobotan *Nguyen Widrow*. Nilai MSE ini dihasilkan dari data masukan dan data target yang dilatih dan disimulasikan menggunakan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* pada setiap *learning rate* berdasarkan metode pembobotan awal *Random* dan pembobotan *Nguyen Widrow*.

Hasil nilai MSE setelah menjalankan program dari data masukan dan data target yang dilatih dan disimulasikan menggunakan algoritma *Levenberg-Marquardt* untuk setiap *learning rate* selanjutnya dilakukan analisis deskriptif dan analisis menggunakan uji statistik uji-t sampel berpasangan (*paired sample t-test*). Tujuan dilakukan analisis ini untuk mendapatkan nilai MSE terkecil pada metode pembobotan awal *Random* dan *Nguyen Widrow* dari setiap *learning rate*.

a. Analisis Deskriptif

Hasil rata-rata MSE pada setiap *learning rate* dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, hasil perbandingan nilai rata-rata MSE berdasarkan metode pembobotan awal *Random* dan metode pembobotan *Nguyen Widrow* menunjukkan hasil rata-rata MSE terkecil pada metode pembobotan awal *Random* terdapat pada *learning rate* = 0.3 dengan rata-rata MSE sebesar = 0.000087855 sedangkan nilai rata-rata MSE terkecil pada metode pembobotan *Nguyen Widrow* terdapat pada *learning rate* = 0.05 dengan rata-rata MSE sebesar = 0.000072863.

Tabel 2. Hasil Rata-Rata MSE Setiap *Learning Rate*

<i>Learning Rate</i>	Inisialisasi Bobot Awal	
	<i>Random</i>	<i>Nguyen Widrow</i>
	Rata-Rata MSE	Rata-Rata MSE
0.01	0.000176571	0.000234663
0.05	0.000264963	0.000072863
0.1	0.000170081	0.000142621
0.2	0.000173460	0.000160965
0.3	0.000087855	0.000144292
0.4	0.000118237	0.000158545
0.5	0.000145765	0.000095168
0.6	0.000325443	0.000229904
0.7	0.000202987	0.000183999
0.8	0.000238490	0.000136609
0.9	0.000225759	0.000213122
1	0.000244148	0.000236097

Analisis Uji Statistik Deskriptif menghasilkan nilai *minimum*, *mean*, *Std. Deviation* dari rata-rata pembobotan awal *Random* dan rata-rata pembobotan *Nguyen Widrow*, terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Statistik Deskriptif

	N	Minimum	Mean	Std. Deviation
<i>Random</i>	12	.000087855	.00019781325	.000066300480
<i>Nguyen Widrow</i>	12	.000072863	.00016740400	.000053840638
Valid N (listwise)	12			

Berdasarkan Tabel 3, hasil dari uji statistik deskriptif berdasarkan perbandingan rata-rata MSE dengan pembobotan awal *Random* dan pembobotan *Nguyen Widrow* menggunakan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* diperoleh metode pembobotan *Nguyen Widrow* memiliki nilai mean MSE terkecil sebesar 0.00016740400, sedangkan pada metode pembobotan awal *Random* memiliki nilai mean MSE sebesar 0.00019781325.

b. Analisis Menggunakan Uji-t

Hasil pengujian yang didapat berupa nilai mean MSE algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* berdasarkan pembobotan awal *Random* dan *Nguyen Widrow* selanjutnya dilakukan uji statistik Uji-t Sampel Berpasangan (*Paired Sample t-test*) dengan nilai signifikan alpha (α) = 5%. Hasil Uji *Paired Sample Statistics* terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji *Paired Sample Statistics*

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
<i>Random</i>	.00019781325	12	.000066300480	.000019139300
<i>Pair 1</i> <i>Nguyen Widrow</i>	.00016740400	12	.000053840638	.000015542453

Berdasarkan Tabel 4 diketahui hasil uji deskriptif *mean* dari kedua sampel yaitu nilai *mean* MSE algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* pembobotan awal *Random* dan *Nguyen Widrow*. Hasil nilai pembobotan awal *Random* menggunakan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* diperoleh nilai *mean* = 0.00019781325. Sementara itu, hasil nilai

pembobotan *Nguyen Widrow* menggunakan algoritma pelatihan *Levenberg-Marquardt* diperoleh nilai *mean* = 0.00016740400.

Berikut hasil uji Paired Samples Correlations menggunakan program SPSS seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Random & Nguyen Widrow	12	.289	.362

Berdasarkan Tabel 5 diketahui hubungan antara kedua sampel bahwa nilai korelasi yang dimiliki kedua sampel (*Random* dan *Nguyen Widrow*) sebesar 0.289 dengan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0.362. karena nilai Sig. 0.362 > nilai alpha (α) = 5% maka dikatakan tidak ada hubungan yang signifikan antara sampel pembobotan awal *Random* dan pembobotan *Nguyen Widrow*. Selanjutnya hasil uji Paired Samples Test disampaikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Paired Samples Test

Pair	Random	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
1	- Nguyen Widrow	.0000304	.0000723	.0000208	- .0000155	.0000763 67576	1.456	11	.173

Berdasarkan Tabel 6 diketahui hasil nilai Sig. 0.173 \geq nilai alpha (α) = 5% sehingga H_0 diterima. Sesuai dengan hipotesis jika nilai Sig. > nilai alpha (α) = 5% maka tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata MSE pembobotan awal *Random* dengan pembobotan *Nguyen Widrow* (pada nilai kepercayaan 95%). Hal ini juga terjadi pada tingkat ketepatan dalam pengenalan pola data seperti yang dilaporkan oleh (Rahayu and Mustafidah, 2022). Dalam penelitian tersebut disampaikan bahwa pada tingkat α = 5%, kedua metode pembobotan awal pada jaringan syaraf tiruan yaitu metode *Nguyen Widrow* dan metode *Random* tidak berbeda secara signifikan kinerjanya dalam mengenali pola data.

Hingga tahap ini, belum diketahui metode yang lebih baik ditinjau dari MSE yang dihasilkan antara pembobotan awal *Random* dan *Nguyen Widrow*. Oleh karena itu dilakukan pengujian dengan nilai α = 20% dan diperoleh kesimpulan bahwa metode pembobotan *Nguyen Widrow* memiliki nilai MSE lebih kecil daripada metode *Random*.

KESIMPULAN

Pembobotan awal menggunakan metode *Nguyen Widrow* menghasilkan rata-rata MSE lebih kecil dibandingkan dengan metode *Random*. Dengan nilai alpha (α) = 5%, diperoleh kesimpulan bahwa nilai MSE pada pembobotan awal metode *Random* tidak berbeda secara signifikan dengan pembobotan awal menggunakan metode *Nguyen Widrow*. Namun dengan nilai α = 20%, metode pembobotan awal *Nguyen Widrow* memiliki nilai MSE lebih kecil daripada metode *Random*. Dengan demikian, metode *Nguyen Widrow* dapat dipertimbangkan sebagai metode pembobotan awal dalam pengembangan sistem atau model berbasis jaringan syaraf tiruan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, D., Jaman, J.H. and Adam, R.I., 2019. Application of Backpropagation Neural Network Algorithm for Ciherang Rice Image Identification. *Jurnal PILRAR*, 16(2), pp.141–148.
- Heaton, J., 2008. *Introduction to Neural Networks for C# Second Edition*, St. Louis: Heaton Research Inc.
- Kusumadewi, S., 2003. *Artificial Intelligency (Teknik dan Aplikasinya)*, Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Kusumadewi, S., 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & Exel Link*, Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Muliantara, A. and Erawan, N.A.S., 2014. Pengembangan Pengklasifikasi Jenis Tanaman Menggunakan Pendekatan Backpropagation Dan Nguyen-Widrow. *Jurnal Ilmu Komputer*, 7(1), pp.24–30.
- Mustafidah, H., Budiastanto, M.Z. and Suwarsito, 2019. Kinerja Algoritma Pelatihan Levenberg-Marquardt dalam Variasi Banyaknya Neuron pada Lapisan Tersembunyi (Performance of Levenberg-Marquardt Training Algorithm Based on Variations in the Number of Neurons in the Hidden Layer). *JUITA: Jurnal Informatika*, 7(2), pp.115–123.
- Mustafidah, H. and Harjono, H., 2017. Korelasi Tingkat Kesalahan dan Epoch dalam Jaringan Backpropagation. In *Prosiding SEMNASTIKOM 2017, 3 November 2017*, ISBN: 978-602-50434-0-6. Jayapura: APTIKOM, pp. 55–61.
- Mustafidah, H., Hartati, S., Wardoyo, R. and Harjoko, A., 2014. Selection of Most Appropriate Backpropagation Training Algorithm in Data Pattern Recognition. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 14(2), pp.92–95.
- Mustafidah, H., Rahmadhani, A.Y. and Harjono, H., 2019. Optimasi Algoritma Pelatihan Levenberg–Marquardt Berdasarkan Variasi Nilai Learning-Rate dan Jumlah Neuron dalam Lapisan Tersembunyi (Optimization of Levenberg-Marquardt Training Algorithm Based on the Variations Value of Learning-Rate and the Number of N. *JUITA (Jurnal Informatika)*, VII(1), pp.55–62.
- Mustafidah, H. and Suwarsito, 2015. Uji keoptimalan algoritma pelatihan pada jaringan syaraf tiruan. *Prosiding SENATKOM*, pp.2460–4690.
- Mustafidah, H. and Suwarsito, S., 2018. Correlation Analysis Between Error Rate of Output and Learning Rate in Backpropagation Network. *Advanced Science Letters*, 24(12), pp.9182–9185.
- Mustafidah, H. and Suwarsito, S., 2015. Error Rate Testing of Training Algorithm in Back Propagation Network. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 5(4), pp.46 – 50.
- Rahayu, N. and Mustafidah, H., 2022. Perbandingan Ketepatan Pola Data pada Jaringan Backpropagation Berdasarkan Metode Pembobotan Random dan Nguyen Widrow. *Sainteks*, 19(1), pp.27–38.