

ESTIMASI PARAMETER ANTENA MIKROSTRIP MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Khairi Budayawan

Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Jl. Prof.Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang

e-mail : khairi@ft.unp.ac.id

ABSTRAK

Parameter antenna mikrostrip persegi panjang sangat ditentukan oleh permitivitas substrat, ketebalan substrat, serta frekuensi resonansi. Umumnya untuk mendapatkan parameter antenna tersebut dibutuhkan rumus matematis yang kompleks. Sehingga dibutuhkan suatu metode agar dapat menentukan parameter antenna dengan lebih mudah. Dalam penelitian ini, digunakan metode jaringan syaraf tiruan dengan algoritma backpropagation untuk mengatasi masalah tersebut. Jaringan dilatih dengan menggunakan algoritma Levenberg–Marquardt. Data yang dipakai pada penelitian ini terdiri dari 80 data latih dan 15 data uji. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa metode pembelajaran jaringan syaraf tiruan dengan algoritma backpropagation berhasil digunakan untuk menghitung panjang patch, lebar patch, dan titik feed dari antenna mikrostrip persegi panjang, dimana presisi dari frekuensi resonansi yang diperoleh adalah sebesar 93.33% pada error $\leq 0.5\%$, dan 100% pada error $\leq 1\%$. Dengan demikian, metode jaringan syaraf tiruan dengan algoritma backpropagation cukup akurat dalam menentukan parameter antenna mikrostrip persegi panjang.

Kata kunci : Jaringan Syaraf Tiruan, Backpropagation, Antena Mikrostrip, Frekuensi Resonansi

ABSTRACT

The parameters of a rectangular microstrip antenna are intensely determined by the permittivity of the substrate, the thickness of the substrate, and the resonant frequency. Generally, to get the antenna parameters, a complex mathematical formula is needed to solve. For this reason, an intelligent method is offered to determine antenna's parameters more easily. In this study, an artificial neural network method with backpropagation algorithm is used to overcome the problem. The network is trained using the Levenberg–Marquardt algorithm. The data used were consisting of 80 training data and 15 testing data. The results have shown that the artificial neural network learning method was successfully utilized to calculate the patch length, the patch width, and the feed point of a rectangular microstrip antenna, where the precision of the resonant frequency obtained of 93.33% at an error of $\leq 0.5\%$, and 100% at an error of $\leq 1\%$. However, the artificial neural network method with backpropagation algorithm is quite accurate for determining the parameters of rectangular microstrip antennas.

Keywords: Artificial neural network, Backpropagation, Microstrip antenna, Resonant frequency

I. PENDAHULUAN

Dalam sistem komunikasi *wireless*, antenna merupakan salah satu komponen yang penting. Rancangan antenna yang baik dapat membuat sistem bekerja dengan mudah dan efisien sehingga dapat meningkatkan performa sistem secara keseluruhan. Selama 50 tahun terakhir, teknologi antenna telah menjadi mitra revolusi komunikasi yang belum tergantikan. Banyak kemajuan yang telah terjadi

selama periode ini, dan umum digunakan saat ini, dan merupakan efek dari semakin banyaknya tuntutan akan performa sistem yang lebih besar. Permintaan akan aplikasi *wireless* yang terus bertambah mengakibatkan permintaan akan desain antenna yang terintegrasi dengan *gain* yang besar semakin meningkat [1].

Salah satu antenna yang populer digunakan adalah antenna mikrostrip. Antenna mikrostrip

memiliki fitur yaitu profil rendah, ringan, *narrow bandwidth*, dapat kompatibel terhadap permukaan *planar* dan *non-planar*, mudah dipabrikasi dan diintegrasikan dengan rangkaian *microwave* [2]. Antena mikrostrip juga populer digunakan dalam komunikasi bergerak [3-4] yang sedang trend saat ini.

Setiap antena dibuat sesuai dengan kebutuhan frekuensi yang diminta. Penghitungan frekuensi resonansi antena sulit dilakukan secara matematis, karena banyak parameter-parameter yang mempengaruhi dalam perhitungan, di antaranya jenis substrat, ketebalan substrat, dimensi antena, hingga kondisi lingkungan juga mempengaruhi. Tabel 1 merupakan perbandingan hasil perhitungan antena [5] dengan hasil simulasi menggunakan aplikasi CST Microwave Studio, memperlihatkan perbedaan yang cukup signifikan yaitu rata-rata persentase error mencapai 2.55%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa perhitungan frekuensi antena dengan menggunakan persamaan matematis tersebut tidak dapat memprediksi frekuensi resonansi antena secara akurat.

Table 1 Perbandingan Hasil Perhitungan dan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip

No	ϵ	h	L	W	X_0	f . Cal.	f . Sim.	error %
1	2	1	105.57	106.07	19.28	1.000	0.990	1.00
2	2	1	52.51	53.03	9.59	2.000	1.962	1.90
3	2	1	34.80	35.36	6.36	3.000	2.922	2.60
4	2	1	25.94	26.52	4.74	4.000	3.882	2.95
5	2	1	20.62	21.21	3.77	5.000	4.818	3.64
6	2	1.5	105.30	106.07	19.23	1.000	0.984	1.60
7	2	1.5	52.21	53.03	9.53	2.000	1.956	2.20
8	2	1.5	34.48	35.36	6.30	3.000	2.916	2.80
9	2	1.5	25.60	26.52	4.67	4.000	3.870	3.25
10	2	1.5	20.26	21.21	3.70	5.000	4.824	3.52
Persentase error rata-rata								2.55

Banyak metode yang dapat digunakan dalam menghitung frekuensi resonansi antena mikrostrip, seperti metode *Transmission Line* (TLM), *Cavity Model*, dan *Method of Moment* (MoM). Namun, untuk memperoleh hasil perhitungan yang mendekati dengan metode tersebut sangat sulit dilakukan dan memakan waktu. Beberapa metode atau teknik yang berbeda seperti Logika Fuzzy, Algoritma Genetika, dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) telah digunakan untuk untuk memperkirakan frekuensi resonansi dan bandwidth antena mikrostrip [6-8]. Berdasarkan hal tersebut maka masalah yang ada dapat dirumuskan yaitu bagaimana menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* untuk memprediksi frekuensi resonansi antena mikrostrip.

Tujuan dari penelitian ini adalah menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan

algoritma *Backpropagation* dalam memprediksi frekuensi resonansi Antena Mikrostrip. Proses pembelajaran untuk Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan sebanyak 80 data latih dan 15 data uji. Dari penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam memprediksi parameter dimensi antena mikrostrip persegi panjang berdasarkan frekuensi resonansi, permitivitas substrat dan ketebalan substrat.

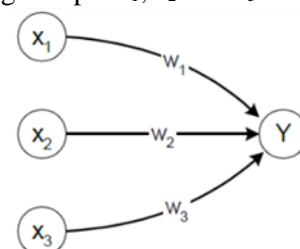
II. METODE

JST merupakan suatu model yang terinspirasi dari kerja jaringan syaraf biologis khususnya otak dan digunakan dalam memprediksi atau pendekatan fungsi yang bergantung pada sejumlah besar *input* dan umumnya tidak diketahui [9]. Sistem syaraf memiliki jutaan sel-sel syaraf di mana antara satu sama lain saling terhubung dan tiap-tiap syaraf tersebut melakukan tugas tertentu. Karena interkoneksi antara sel-sel itu rumit, maka hasil dari multi tugas sederhana ini adalah pelaksanaan tugas yang lebih kompleks dan lebih besar [10]. Mengadopsi cara kerja jaringan syaraf biologi, JST terdiri atas sejumlah besar *neuron* interkoneksi, di mana dari hal tersebut JST dapat meniru bagaimana sistem syaraf dalam memproses informasi pada manusia.

JST merupakan penggeneralisasian model matematika yang berdasarkan jaringan syaraf biologi [11] dengan anggapan bahwa:

- 1) Proses informasi berada pada banyak *neuron*
- 2) Sinyal dikirimkan antar *neuron-neuron* menggunakan penghubung.
- 3) Penghubung antara *neuron* ini memiliki nilai bobot yang dapat berfungsi untuk memperkuat atau memperlemah sinyal
- 4) Untuk menghasilkan *output*, setiap *neuron* memakai fungsi aktivasi yang diberikan pada jumlah *input* yang diperoleh. Nilai *output* kemudian dibandingkan dengan batas ambang nilai.

Terdapat 3 hal yang sangat menentukan pada JST yaitu: 1) pola hubungan antar *neuron* yang disebut arsitektur jaringan; 2) metode dalam penentuan bobot penghubung, biasa disebut dengan metode *training/learning/algoritma*; dan 3) fungsi aktivasi. Sebagai contoh digambarkan pada Gambar 1 *neuron* Y dengan input x_1 , x_2 dan x_3 .



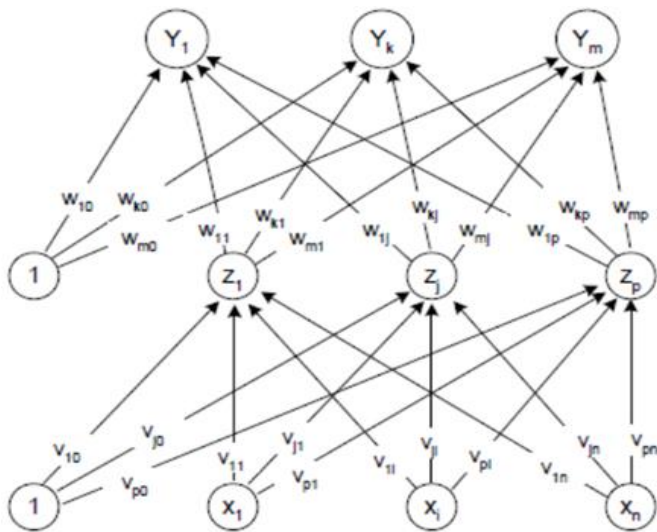
Gambar 1 Pembobotan pada Jaringan Syaraf Tiruan

Backpropagation

Salah satu algoritma biasa dipakai dalam membantu menyelesaikan masalah yang kompleks adalah *Backpropagation*. Jaringan yang memakai algoritma ini dilatih dengan menggunakan metode pembelajaran terbimbing. Pada jaringan diberikan sepasang pola yang meliputi pola *input* dan pola yang diharapkan. Saat pola diberikan, bobot akan diubah dengan tujuan untuk memperkecil perbedaan antara pola *output* dengan pola yang diharapkan. Latihan diberikan secara terus menerus sehingga didapatkan pola *output* yang diharapkan.

Arsitektur Backpropagation

Backpropagation memiliki beberapa unit yang berada pada satu atau lebih *hidden layer*. Arsitektur *Backpropagation* dengan n *input* dan *hidden layer* yang terdiri atas p unit, serta m unit *output* terlihat pada Gambar 2. V_{ji} adalah nilai bobot garis dari unit *input* X_i ke unit *hidden layer* Z_j (V_{j0} adalah nilai bobot garis menghubungkan bias pada unit *input* ke unit *hidden layer* Z_j). W_{kj} adalah nilai bobot dari unit *hidden layer* Z_j menuju unit *output* Y_k (W_{k0} adalah nilai bobot bias pada *hidden layer* ke unit *output* Z_k).



Gambar 2 Arsitektur *Backpropagation*

Algoritma Backpropagation

Pelatihan pada *Backpropagation* memiliki tiga fase yaitu fase propagasi maju, fase propagasi mundur, dan fase perubahan bobot. Ketiga fase tersebut dilakukan terus menerus hingga kondisi penghentian dipenuhi. Kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika kesalahan yang terjadi

sudah lebih kecil dari batas toleransi yang diijinkan. Tahapan lebih detail untuk proses pelatihan dan proses pengujian diuraikan dalam algoritma.

Algoritma Proses Pelatihan

Backpropagation:

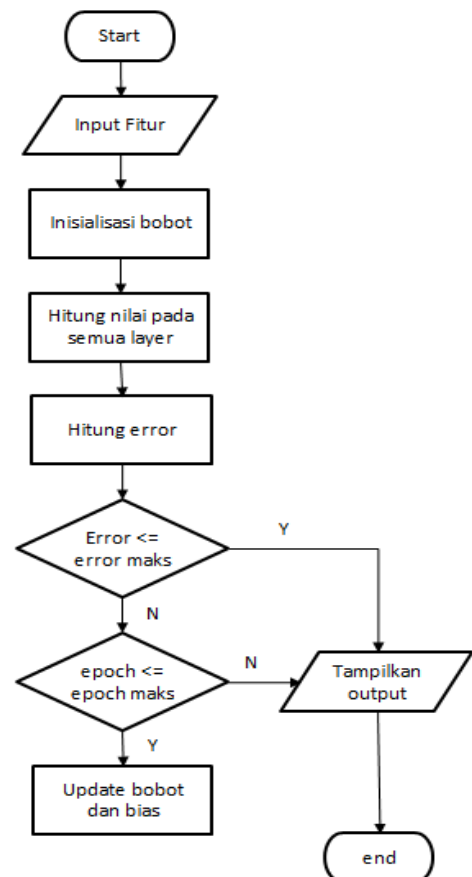
1. *Input* fitur
2. Inisialisasi nilai bobot
3. Hitung nilai pada semua *layer*
4. Hitung nilai *error*
5. Update nilai bobot dan bias
6. Tampilkan *output*

Algoritma Proses Pengujian

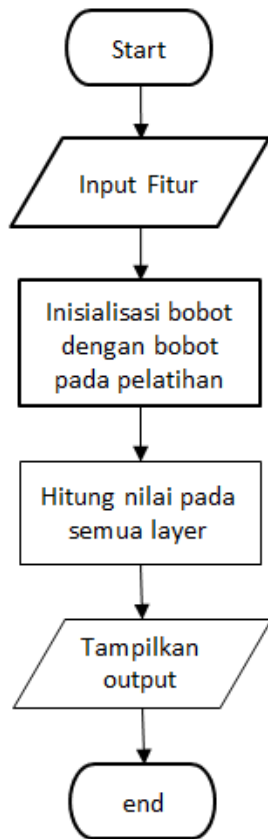
Backpropagation:

1. *Input* fitur
2. Inisialisasi nilai bobot sesuai hasil pelatihan
3. Hitung nilai pada semua *layer*
4. Tampilkan *output*

Berdasarkan penjelasan tentang algoritma *Backpropagation* dan kemudian diterjemahkan ke dalam bentuk *flowchart*, kemudian implementasi dan pengujian menggunakan bahasa pemrograman Matlab. *Flowchart* algoritma pelatihan dan pengujian dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 *Flowchart* Pelatihan



Gambar 4 Flowchart Pengujian

Dalam jaringan syaraf tiruan algoritma *backpropagation*, bobot diperbarui dengan persamaan:

$$W_{t+1} = W_t - \eta \frac{\partial e \partial e}{2 \partial x} \quad (1)$$

Dimana, η merupakan parameter pembelajaran. Akselerasi proses pembelajaran menggunakan parameter momentum μ

$$W_{t+1} = W_t - \eta \frac{\partial e \partial e}{2 \partial x} + \mu(W_t - W_{t-1}) \quad (2)$$

Algoritma Levenberg-Marquardt

Algoritma Levenberg-Marquardt secara khusus dirancang untuk meminimalkan fungsi kesalahan *sum-of-square* [12]. Algoritma ini merupakan modifikasi dari metode Gauss Newton [13], dimana dalam metode Gauss Newton, bobot pada pelatihan jaringan syaraf diatur dengan menggunakan persamaan:

$$w_{n+1} = w(n) - (J(n)^T J(n))^{-1} J(n)^T e(n) \quad (3)$$

Dimana, J adalah matrik Jacobi yang didefinisikan sebagai:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial w_1} & \frac{\partial e_1}{\partial w_2} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial w_m} \\ \frac{\partial e_2}{\partial w_1} & \frac{\partial e_2}{\partial w_2} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial w_m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial e_n}{\partial w_1} & \frac{\partial e_n}{\partial w_2} & \dots & \frac{\partial e_n}{\partial w_m} \end{bmatrix} \quad (4)$$

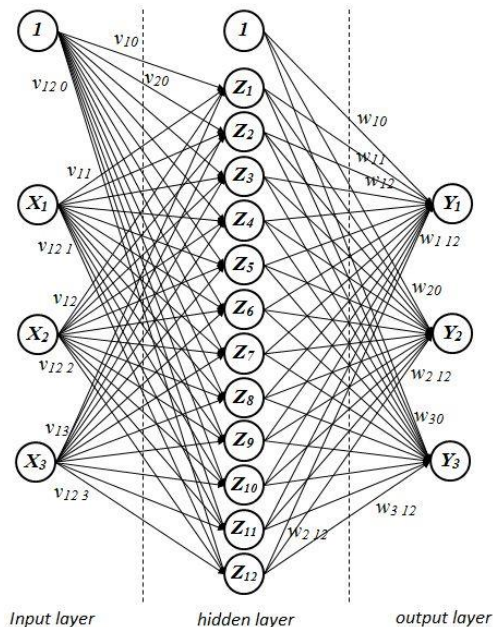
Modifikasi Levenberg-Marquardt untuk metode Gauss Newton adalah:

$$w_{n+1} = w(n) - (J(n)^T J(n) + \mu I)^{-1} J(n)^T e(n) \quad (5)$$

Parameter μ adalah untuk memastikan bahwa inversi matrik selalu menghasilkan hasil. Parameter ini bergantung pada evaluasi kesalahan dari *sum of square*.

Proses Pelatihan

Arsitektur jaringan merupakan gambaran umum hubungan antar *layer* yang digunakan dalam proses pelatihan. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan algoritma *Backpropagation* untuk prediksi frekuensi resonansi antena mikrostrip memiliki 3 buah masukan (f_r, ϵ_r, h) dengan 1 *bias*, 1 buah *hidden layer* yang terdiri dari 12 unit dengan 1 *bias*, serta 3 buah *output layer* (L, W, x_0), seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang digunakan

Berdasarkan arsitektur tersebut dapat ditentukan variabel pada *input layer* dan *output layer*, dimana f_r, ϵ_r, h masing-masing diwakili oleh X_1, X_2 dan X_3 untuk input layer, dan L, W, x_0 diwakili dengan Y_1, Y_2 dan Y_3 pada output layer. Pada *hidden layer* digunakan 12 unit *neuron*.

Sebelum memulai proses pelatihan, data yang digunakan harus dipastikan apakah sudah sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan. Pada penelitian ini fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi aktivasi *sigmoid biner*. Karena fungsi aktivasi *sigmoid biner* memiliki range [0, 1], maka data ditransformasikan ke interval [0, 1] dengan menggunakan persamaan:

$$x' = \frac{0.8(x-a)}{b-a} + 0.1 \quad (6)$$

di mana *a* merupakan data minimum, dan *b* adalah data maksimum.

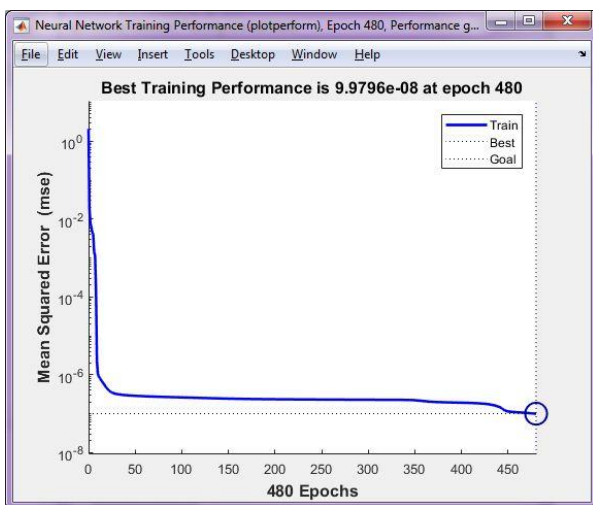
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter-parameter yang diperlukan dalam membangun Jaringan Syaraf Tiruan meliputi arsitektur jaringan, *neuron input*, *neuron* pada *hidden layer*, *neuron output*, *learning rate*, *goal* dan *momentum*.

Setelah dilakukan beberapa kali pelatihan pada jaringan untuk mencari parameter-parameter pelatihan yang paling cocok, maka didapatkan hasil konfigurasi parameter untuk sistem Jaringan Syaraf Tiruan seperti terlihat pada Tabel 2.

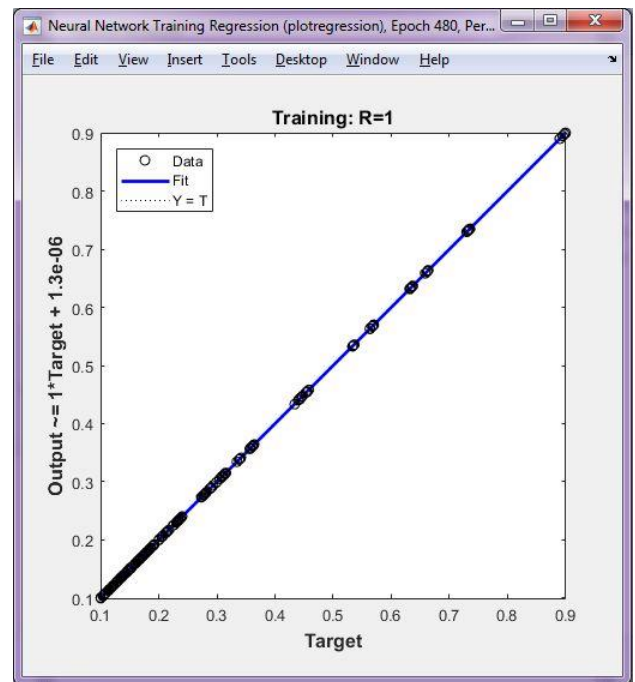
Tabel 2 Nilai Parameter

No	Parameter	Nilai
1	Network Architecture	3-12-3
2	Neurons in the input layer	3
3	Neurons in the hidden layer	12
4	Neuron in the output layer	3
5	Learning Rate	0.1
6	Goal	1e-7
8	Momentum	0.95



Gambar 6 Grafik Perubahan Nilai MSE hasil Pelatihan

Hasil training pada gambar 6 terlihat bahwa hingga *epoch* 10 terjadi penurunan yang sangat tajam dari nilai MSE 10^{-2} hingga 10^{-6} . Penurunan *gradient* yang signifikan pada proses menuju target menunjukkan bahwa terjadi perbaikan kesalahan, di mana *output* yang memiliki *error* besar telah diperkecil dengan melakukan penyesuaian pada masing-masing bobot saat proses *Backpropagation*. Penurunan saat menuju *goal* kemudian cenderung landai yang berarti kesalahan yang terjadi sudah semakin kecil. Pada pelatihan ini, performa terbaik jaringan diperoleh pada nilai MSE $9.9796e-08$ di *epoch* 480.



Gambar 7 Grafik Regresi Hasil Pelatihan

Akurasi dari pelatihan yang telah dilakukan dilihat dari analisis regresi untuk melihat respon jaringan dan target yang diinginkan. Pada Gambar 7 terlihat hasil regresi dari *output* (Y) dan *target* (X) menunjukkan *gradient* garis hasil regresi linear hampir sama pada satu titik, titik perpotongan dengan sumbu Y pada titik 0 dan koefisien korelasi (R=1). Dari ketiga parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa *output* jaringan hampir sama dengan target, berarti 80 data dapat dikenali dengan baik saat pelatihan. Hasil evaluasi analisis regresi menyatakan bahwa jaringan siap digunakan untuk menganalisa dan mengidentifikasi data uji yang diberikan dengan menggunakan parameter-parameter yang diperoleh saat pelatihan.

Table 3 Error Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* dalam Memprediksi Parameter Dimensi Antena Mikrostrip.

No	Input Parameter	Output Parameter	f_r	error Precision %
----	-----------------	------------------	-------	-------------------

	fr (GHz)	ϵ_r (F/m)	h (mm)	L (mm)	W (mm)	x_0 (mm)	GHz (CST)	%	error ≤ 0.5	error ≤ 1	
1	1.944	4.4	1.53	35.56	35.79	5.23	1.946	0.10	√	√	
2	4.740	4.4	1.53	13.84	14.31	2.03	4.746	0.13	√	√	
3	2.910	4.4	1	23.71	23.82	3.49	2.905	0.17	√	√	
4	2.874	4.4	2	23.38	23.91	3.44	2.870	0.14	√	√	
5	1.938	3	2.5	42.44	43.36	6.92	1.939	0.05	√	√	
6	3.840	3	2.5	20.52	21.68	3.34	3.843	0.08	√	√	
7	3.390	2	2	29.07	30.34	5.31	3.388	0.06	√	√	
8	3.342	4	2	20.89	21.53	3.15	3.339	0.09	√	√	
9	3.336	5	2	18.65	19.19	2.65	3.339	0.09	√	√	
10	1.458	2.5	3	62.43	63.79	10.72	1.449	0.62		√	
11	4.344	2.5	3	19.36	21.09	3.32	4.347	0.07	√	√	
12	3.828	3.5	2	19.32	20.08	3.02	3.829	0.03	√	√	
13	3.348	4.6	1.53	19.67	20.03	2.86	3.346	0.06	√	√	
14	2.424	2	2	41.32	42.53	7.55	2.422	0.08	√	√	
15	2.898	2.5	3	30.01	31.60	5.15	2.905	0.24	√	√	
Persentase Error Rata-rata								0.13			
Presisi								93.33	100		

Setelah melalui proses pelatihan, dilakukan proses pengujian dengan menggunakan sebanyak 15 data uji. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan seperti terlihat pada Tabel 3 didapat rata-rata persentase *error* adalah 0.13%. Rata-rata presisi hasil *testing* adalah 93.75% untuk *error* $\leq 0.5\%$ dan 100% untuk *error* $\leq 1\%$.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa prediksi parameter dimensi antena mikrostrip persegi panjang berdasarkan data frekuensi resonansi, permitivitas substrat dan ketebalan substrat dapat dilakukan dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan algoritma *Backpropagation* dengan tingkat presisi 93.33% dicapai pada nilai *error* $\leq 0.5\%$, dan tingkat presisi 100% dicapai pada nilai *error* $\leq 1\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Musa A, Isa A. Prediction of Resonance Frequency of Aperture Coupled Microstrip Antennas by Artificial Neural Network. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. Vol. 5 252-260, 2016.
- [2] Shivendra R, Syed S.U., Tanveer S.K. Design of Microstrip Antenna Using Artificial Neural Network. *International Journal of Engineering Research and Applications*. Vol. 3, pp. 461-464, 2013.
- [3] Akdagli A, Toktas A, Kayabasi A, Develi I. An Application of Artificial Neural Network To Compute The Resonant Frequency of E-Shaped Compact Microstrip Antennas. *Journal of Electrical Engineering*. Vol. 64, pp. 317-322, 2013.
- [4] Sakshi L, Singh V.K. A Novel Approach for Analysis of Bandwidth of Microstrip Patch Antenna Using Neural Network. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. Vol. 4, pp. 637-642, 2014.
- [5] Milligan T.A. *Modern Antenna Design*. John Wiley & Sons, Inc. pp. 285-355. 2005.
- [6] Kapusuz K.Y., Can S, Dagdeviren B. Artificial Neural Network base Bandwidth Estimation of a CPW-Fed Patch Antenna. *International Journal of Computer Application*. Vol. 69, pp. 37-40, 2013.
- [7] Pritam S.R., Shamik C. Optimization and improved Bandwidth of Fork shape Microstrip Antenna via Artificial Neural Network. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*. Vol. 11, pp. 7-12, 2016.
- [8] Khairi B, Yuhandri, Gunadi W.N. Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan dalam Memprediksi Frekuensi Resonansi Antena Mikrostrip. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*. Vol. 12, No. 1, pp. 33-40, 2019.
- [9] Malvika S, Singhal P.K. Comparative Analysis of Different Artificial Neural Networks for Circular Microstrip Antenna Design. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Vol. 4, pp. 2291-2297, 2017.
- [10] Rojas R. *Neural Networks: a Systematic Introduction*. Springer-Verlag, Berlin. 1996.
- [11] Siang JJ. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan Matlab*. Andi Offset. 2005.
- [12] Sapna S, Tamilarasi A, Kumar M.P. Backpropagation Learning Algorithm Based On Levenberg Marquardt Algorithm. *Computer Science & Information Technology (CS & IT)*. pp.393-398, 2012.
- [13] Arnold R, Samuel L, Helena M. Backpropagation and Levenberg-Marquardt Algorithm for Training Finite Element Neural Network. *2012 UKSim-AMSS 6th European Modelling Symposium*. pp. 89-94, 2012.