

# Desain dan Analisis Patch Sirkular untuk Aplikasi Antena Tag Rfid dengan Algoritma Propagasi Balik Jaringan Syaraf Tiruan

<sup>1</sup>Rahmad Hidayat

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala, Jalan Soekarno Hatta 597 Bandung 40286  
e-mail: rhidayat4000@gmail.com

*Abstrak.* Mikrostrip dengan berbagai bentuk digunakan pada banyak aplikasi antena. Pada penelitian ini penulis melakukan kajian patch dengan bentuk bulat (sirkular) bagi aplikasi antena tag RFID (Radio Frequency Identification). Penentuan parameter radius patch dibantu oleh metoda pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan algoritma propagasi balik terhadap parameter input berupa dua jenis frekuensi resonansi, tiga jenis ketebalan substrat dan sembilan jenis permitivitas relatif bahan. Error minimum sebesar 0,000361 diperoleh dari performa MSE (mean square error) yang terjadi dalam pelatihan jaringan pada frekuensi 2,4 GHz dan 5,8 GHz.

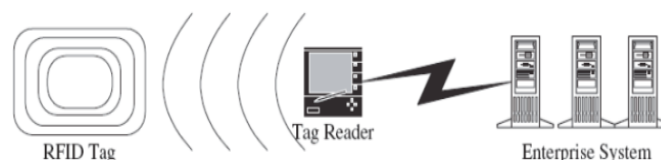
**Kata kunci :** Mikrostrip, patch sirkular, tag RFID, Jaringan Syaraf Tiruan, propagasi balik, mean square error

## 1. Pendahuluan

Salah satu isu penting dalam pengalokasian frekuensi kerja adalah bagaimana memanfaatkan frekuensi tidak berbayar dalam suatu aplikasi wireless tertentu. RFID (radio frequency identification) adalah salah satu jenis aplikasi wireless yang dapat memanfaatkan frekuensi ini dalam band 2,4 GHz dan 5,8 GHz. Dalam band tersebut, penulis melakukan kajian tentang desain antena mikrostrip untuk aplikasi RFID dalam bentuk sirkular (bulat) dengan memanfaatkan algoritma propagasi balik (*back propagation*) pada jaringan syaraf tiruan (artificial neural network) sehingga diharapkan parameter presisi dari dimensi *patch* dapat diperoleh.

## 2. Tinjauan Pustaka

Teknologi RFID memiliki komponen utama yang disebut tag. Dengan tag ini maka proses transmisi data dapat dilangsungkan antara pasangan transmitter dan receiver. Dan bagian ujung yang bersentuhan dengan media udara adalah antena tag yang dapat terbuat dari bahan mikrostrip. Tag menjadi teknologi penting dalam aplikasi deteksi berbagai jenis barang atau material, sistem rantai pasok, dan sebagainya.



**Gambar 1. Sistem RFID (Roberts,2006).**

*Patch* mikrostrip sirkular menggunakan model rongga (cavity model) dengan pengoperasiannya dalam mode dasar  $TM_{110}^z$  sangat mirip dengan *patch* jenis

rectangular (bujursangkar) kecuali dimensinya yang bergantung pada radius. Salah satu parameter penting pada antenna mikrostrip adalah pola radiasi yang dapat menentukan penguatan (*gain*) antenna (Hidayat, 2015). Pola radiasi medan jauh dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$E_{\theta} = -j(\cos(\phi)J_{a02})F \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{dan } E_{\phi} = +j(\cos(\theta)\sin(\phi)J_{b02})F \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

$$J_{a02} = J_0(k_0.a_e.\sin(\theta))-J_2(k_0.a_e.\sin(\theta))\dots\dots\dots (3)$$

$$J_{b02} = J_0(k_0.a_e.\sin(\theta))+J_2(k_0.a_e.\sin(\theta)) \dots\dots\dots (4)$$

$$F = \frac{\sin(k_0.h.\cos(\theta))}{k_0.h.\cos(\theta)} \text{ dan } k_0=2\pi/\lambda_0 \dots\dots\dots (5)$$

$$a_e = a \left\{ 1 + \frac{2h}{\pi a \epsilon_r} \left[ \ln\left(\frac{\pi a}{2h}\right) + 1,7726 \right] \right\}^{0.5} \dots\dots (6)$$

$a_e$  adalah radius efektif akibat medan fringing (Milligan, 2005).  $J_0$  adalah fungsi Bessel orde ke-nol dan  $J_2$  untuk orde kedua. Pola radiasi medan jauh dari *patch* sirkular ini diberikan oleh :

$$E_{\text{patchc}} = (|E_{\theta}|^2 + |E_{\phi}|^2)^{1/2} \cdot \text{PatternSF} \dots\dots\dots (7)$$

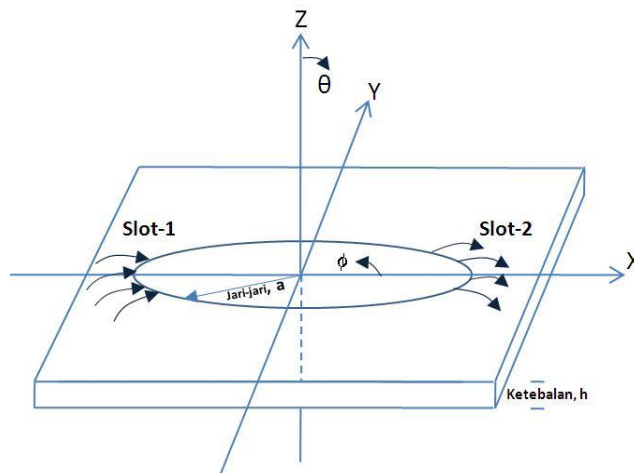
$$\text{PatternSF} = \frac{1}{\frac{1}{(\text{Roll}_{\text{off}}(\theta-90))^2 + K} + 1} \dots\dots\dots (8)$$

dengan harga  $\text{Roll}_{\text{off}}$  antara 0 dan 1 (0=landai, 1=tajam), harga tipikalnya biasa diambil 0,15. Sedang K harga offset untuk menghindari harga tak hingga pada  $\theta=90$  dengan harga tipikal diambil 0,001. (Tucker)

Jari-jari (radius) aktual *patch* sirkular menurut Balanis (2005) adalah

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[ \ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1,7726 \right] \right\}^{0.5}} \dots\dots\dots (9)$$

dengan harga  $F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}$  tanpa satuan.



**Gambar 2. Bentuk Geometri Patch Sirkular**

Parameter  $a$  dan  $h$  dalam cm serta  $f_r$  dalam Hz.

Besarnya pengarahannya (directivity) dan pola radiasi dari *patch* sirkular menurut Verma dan Nasimuddin (2003) adalah :

$$D(\gamma) = 4,77142 - 0,12087\gamma + 2,98537\gamma^2 - 1,25954\gamma^3 + 1,25337\gamma^4 - 0,50481\gamma^5 \dots\dots\dots (10)$$

dengan  $\gamma = \frac{\pi f_n}{2\sqrt{\epsilon_r}}$  ,  $f_n = \frac{f_r}{f_{r0}}$  ,  $f_{r0} = \frac{1,8412v_0}{2\pi r_0\sqrt{\epsilon_{req}}}$

dimana  $f_n$  adalah frekuensi resonansi ternorma-lisir dan  $f_{r0}$  sebagai pendekatan frekuensi resonansi *patch* sirkular.

### 3. Metodologi

Untuk aplikasi RFID pada frekuensi microwave digunakan band 2,4 GHz dan 5,8 GHz. Kemudian penelitian ini dibantu dengan tool simulasi Matlab, digunakan kombinasi pengetahuan tentang radiasi elektromagnetik pada *patch* microstrip dan Artificial Neural Network (Jaringan Syaraf Tiruan/JST) dalam mencari dan menemukan solusi dari masalah yang ada. Dalam hal ini digunakan algoritma back propagation pada JST. Gambar 3 menunjukkan model desainnya.



Gambar 3. Model JST

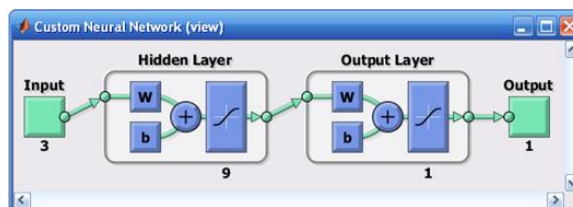
Dengan masing-masing parameter input menurut Khan dan De (2011) :

- $f_r$  = frekuensi resonansi (GHz)
- $h$  = ketebalan groundplane (cm)
- $\epsilon_r$  = permitivitas relatif bahan

Dan parameter output yang diprediksi adalah :

- $a$  = jari-jari efektif patch (cm).

Di dalam model ini terkandung 3 node pada masukan, masing-masing untuk frekuensi resonansi, tebal groundplane dan permitivitas relatif bahan; diambil 9 node pada lapisan tersembunyi (hidden layer) dan 1 node pada lapisan keluaran (output layer) untuk jari-jari efektif yang akan dihitung. Hal ini terlihat pada gambar 4 yang mengilustrasikan arsitektur jaringan yang dipilih.



Gambar 4. Arsitektur JST

Dengan spesifikasi terlihat pada Tabel 1 di bawah ini : (Loni dan Ayub,et al, 2014)

Tabel 1. Spesifikasi Jaringan

Tipe jaringan	Feed Forward Back Propagation
---------------	-------------------------------

Arsitektur jaringan	3 x 9 x 1
Jumlah neuron pada hidden layer	9
Fungsi transfer	TANSIG
Fungsi Training	TRAINLM (Levenberg-Marquardt)
Fungsi adaptasi learning	LEARNGDM
Performa	MSE (mean square error)
Error yang diinginkan	0

Jenis material substrat yang diamati pada penelitian ini masing-masing memiliki konstanta dielektrik bahan  $\epsilon_r$  sebesar 2,1 (Teflon) ; 2,23 (RT/Duroid 5880); 2,55 (Rexolite 1422); 2,6 (Noryl); 4,7 (FR4); 9,8 (Alumina); 11,8 (Silicon); 12,4 (Indium Phosphide) dan 12,90 (Galium Arsenide).

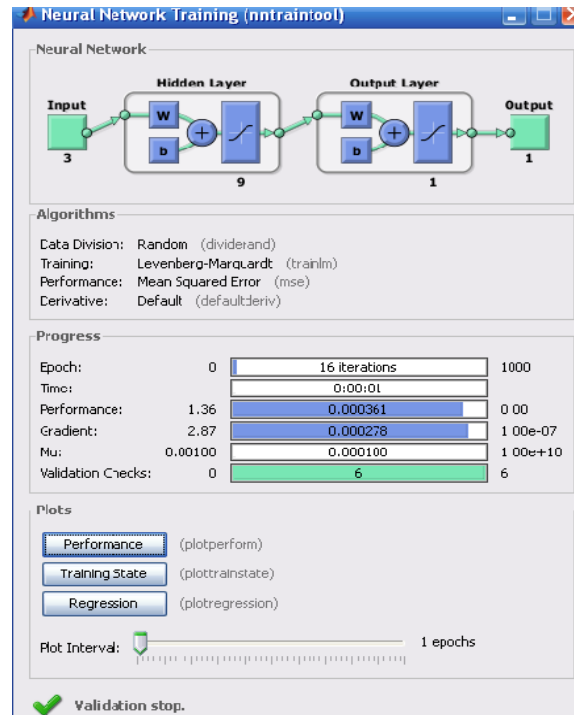
Dalam fabrikasinya permitivitas relatif material substrat yang diperoleh di pasaran, haruslah memiliki nilai yang pasti agar tidak ada perbedaan penentuan permitivitas relatif dalam simulasi sehingga diperoleh hasil ukur yang presisi.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

**Tabel 2. Data Input dan Output JST**

	$f_r$ ( $10^9$ Hz)	$\epsilon_r$	h (cm)	a (cm)	$a/\lambda$
1	5,8	2,10	0,1000	0,983	0,19
2	5,8	2,10	0,1588	0,959	0,19
3	5,8	2,10	0,2000	0,945	0,18
4	5,8	2,23	0,1000	0,956	0,18
5	5,8	2,23	0,1588	0,933	0,18
6	5,8	2,23	0,2000	0,920	0,18
7	5,8	2,55	0,1000	0,898	0,17
8	5,8	2,55	0,1588	0,878	0,17
9	5,8	2,55	0,2000	0,867	0,17
10	5,8	2,60	0,1000	0,890	0,17
11	5,8	2,60	0,1588	0,871	0,17
12	5,8	2,60	0,2000	0,859	0,17
13	5,8	4,70	0,1000	0,672	0,13
14	5,8	4,70	0,1588	0,662	0,13
15	5,8	4,70	0,2000	0,656	0,13
16	5,8	9,80	0,1000	0,472	0,09
17	5,8	9,80	0,1588	0,468	0,09

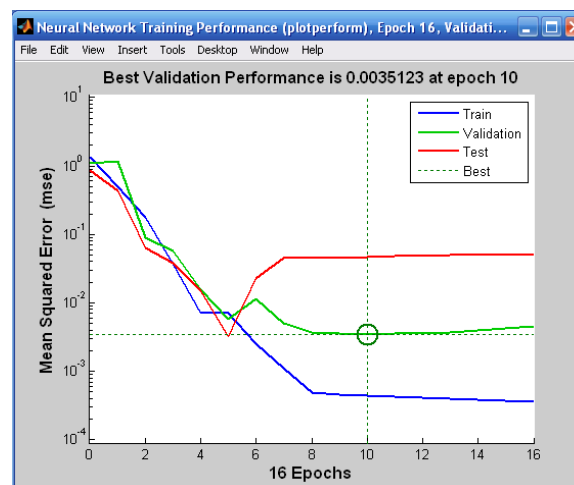
18	5,8	9,80	0,2000	0,465	0,09
19	5,8	11,80	0,1000	0,432	0,08
20	5,8	11,80	0,1588	0,428	0,08
21	5,8	11,80	0,2000	0,426	0,08
22	5,8	12,40	0,1000	0,421	0,08
23	5,8	12,40	0,1588	0,418	0,08
24	5,8	12,40	0,2000	0,416	0,08
25	5,8	12,90	0,1000	0,413	0,08
26	5,8	12,90	0,1588	0,410	0,08
27	5,8	12,90	0,2000	0,408	0,08
28	2,4	2,10	0,1000	2,449	0,20
29	2,4	2,10	0,1588	2,415	0,19
30	2,4	2,10	0,2000	2,506	0,20
31	2,4	2,23	0,1000	2,379	0,19
32	2,4	2,23	0,1588	2,348	0,19
33	2,4	2,23	0,2000	2,328	0,19
34	2,4	2,55	0,1000	2,230	0,18
35	2,4	2,55	0,1588	2,202	0,18
36	2,4	2,55	0,2000	2,185	0,17
37	2,4	2,60	0,1000	2,209	0,18
38	2,4	2,60	0,1588	2,182	0,17
39	2,4	2,60	0,2000	2,166	0,17
40	2,4	4,70	0,1000	1,656	0,13
41	2,4	4,70	0,1588	1,642	0,13
42	2,4	4,70	0,2000	1,633	0,13
43	2,4	9,80	0,1000	1,155	0,09
44	2,4	9,80	0,1588	1,149	0,09
45	2,4	9,80	0,2000	1,145	0,09
46	2,4	11,80	0,1000	1,054	0,08
47	2,4	11,80	0,1588	1,049	0,08
48	2,4	11,80	0,2000	1,046	0,08
49	2,4	12,40	0,1000	1,029	0,08
50	2,4	12,40	0,1588	1,024	0,08
51	2,4	12,40	0,2000	1,021	0,08
52	2,4	12,90	0,1000	1,009	0,08
53	2,4	12,90	0,1588	1,004	0,08
54	2,4	12,90	0,2000	1,001	0,08



**Gambar 5. Pelatihan JST**

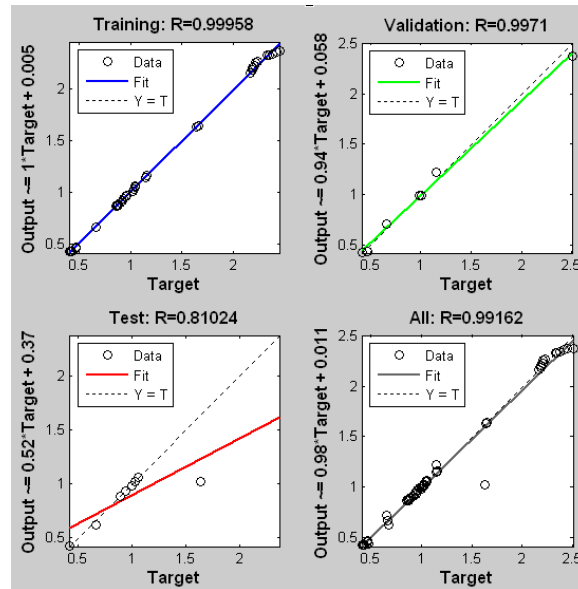
Dari pelatihan jaringan yang dilakukan, didapatkan nilai MSE ( Mean Square Error) yaitu error minimum yang terjadi dalam jaringan sebesar 0,000361 dengan Mu sebesar 0,0001 dan gradien 0,000278. Dari default batch algoritma propagasi balik tersebut diperoleh 16 iterasi yang berlangsung selama 1 detik . Hal ini berarti bahwa dengan *epoch* 16 jaringan sudah mampu belajar dengan baik untuk menghasilkan target yang diinginkan. Dan performa validasi terbaik ada pada *epoch* ke-10 dengan error 0,0035123.

Kemudian untuk rinciannya, dari data training antara lain dihasilkan grafik evaluasi berupa plot performa dan plot regresi JST.



**Gambar 6. Plot Performa Pelatihan JST**

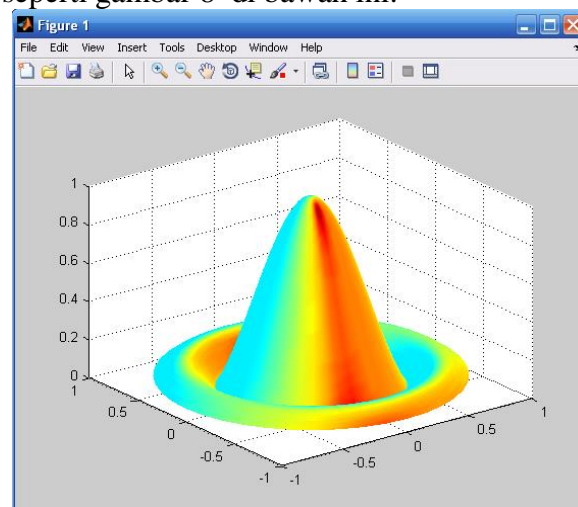
Seperti gambar 6, untuk mengetahui kalkulasi kesalahan yang terjadi dari perbandingan antara hasil output jaringan dengan target output, digunakan *Performance* dengan menggunakan perhitungan kesalahan berupa *Mean Square Error* (MSE) atau rata-rata kuadrat dari selisih antara output jaringan dengan target output sebesar 0,0035123 pada epoch 10.



**Gambar 7. Plot Regresi JST**

Sedangkan plot Regresi digunakan untuk evaluasi dengan menggunakan koefisien korelasi terhadap respon jaringan dan target yang diharapkan. Pada gambar 7 diperoleh nilai koefisien korelasi 0,99958 (training); 0,9971 (validation) dan 0,81024 (test), yang secara keseluruhan menghasilkan 0,99162. Nilai koefisien korelasi yang mendekati 1 tersebut menunjukkan hasil yang baik untuk kecocokan output jaringan dengan target jari-jari efektif *patch*.

Untuk bentuk pola radiasi tiga dimensi *patch* sirkular dengan pengambilan ukuran  $a=\lambda$ , terlihat seperti gambar 8 di bawah ini.



**Gambar 8. Pola radiasi tiga dimensi patch sirkular**

Untuk ketiga jenis ketebalan substrat yang diambil (0,1 ; 0,1588 dan 0,2 cm) dengan sembilan jenis substrat dan dua jenis frekuensi gelombang mikro (2,4 GHz dan 5,8 GHz) bagi aplikasi RFID maka dapat dilakukan pembahasan dengan dukungan grafik-grafik yang ada sebagai hasil simulasi Jaringan Syaraf Tiruan dengan algoritma propagasi balik (*back propagation*).

Dimensi patch sirkular untuk frekuensi 2,4 GHz dan 5,8 GHz yang diperoleh berkisar  $0,08\lambda$  sampai  $0,20\lambda$  dan untuk *patch* tunggal dengan dimensi tersebut belum menghasilkan pengarahan (direktiviti) optimum. Dimensi minimum radius *patch* untuk nilai pengarahan yang baik dapat diambil sebesar  $\lambda$ .

## 5. Kesimpulan

Simulasi jaringan syaraf tiruan dengan algoritma propagasi balik (*back propagation*) yang menggunakan fungsi pelatihan Levenberg-Marquardt terhadap data frekuensi resonansi, ketebalan groundplane dan permitivitas relatif bahan sebagai data input serta jari-jari efektif *patch* sirkular antena tag RFID sebagai target, menunjukkan bahwa jaringan mampu belajar dengan baik untuk menghasilkan target yang diinginkan. Dan performa validasi terbaik ada pada *epoch* ke-10 dengan error 0,0035123.

Untuk mendapatkan pengarahan yang baik pada frekuensi RFID 2,4 GHz dan 5,8 GHz dapat dilakukan kajian untuk susunan (*array*) sebanyak  $n$  buah *patch* sirkular.

## Daftar pustaka

- Balanis, C. (2005). *Antenna Theory : Analysis and Design*, 3rd ed., Wiley and Sons, 047166782X, Hoboken, New Jersey, USA.
- Hidayat, R. (2015). *Model, Simulasi dan Analisis Pola Radiasi Susunan Uniform Antena Mikrostrip*, Jurnal Isu Teknologi. Vol.9 , No.1, halaman 3-11, STTM Bandung.
- Khan,T. & De,A. (2011). *A Common Neural Approach for Computing Different Parameters of Circular Patch Microstrip Antennas*, International Journal Of Microwave And Optical Technology, Vol.6, Issue 5, India.
- Loni,J., Ayub,S., Singh,V.K. & Srivastava,R. (2014). *Neural Network Analysis of Rectangular slot Loaded Patch Antenna for UMTS Application* , International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering ,Vol. 4, Issue 3,India .
- Milligan, T.A. (2005). *Modern Antenna Design*, Second Edition, John Wiley & Son, Inc, New Jersey.
- Roberts,C.M. (2006). *Radio frequency identification (RFID)*, Computers & Security, Vol. 25, Issue 1, February, page 18-26.
- Tucker, N. *Phase Array Design Toolbox V2.4 for Matlab, Theory of Operation*, Active France.
- Verma,A.K. & Nasimuddin. (2003). *Analysis of circular microstrip patch antenna as an equivalent rectangular microstrip patch antenna on iso/anisotropic thick substrate*, IEE Proc.-Microw. Antennas Propag., Vol. 150, Issue 4, page 223.