

# PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP RECTANGULAR MONOPOLE SPIRAL DENGAN SUBSTRAT ALUMINA PADA UHF UNTUK RFID TAG

## DESIGN AND REALIZATION OF UHF SPIRAL MONOPOLE RECTANGULAR MICROSTRIP ANTENNA WITH ALUMINA SUBSTRATE FOR RFID TAG

Nuril Fitriyana<sup>1</sup>, Heroe Wijanto<sup>2</sup>, Yuyu Wahyu<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

<sup>3</sup>Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung

<sup>1</sup>kodok.jalan@gmail.com, <sup>2</sup>heroe@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>yuyu@ppet.lipi.go.id

### Abstrak

*Radio-Frequency Identification (RFID)* merupakan teknologi gelombang radio. Teknologi ini dapat mengidentifikasi tanpa membutuhkan kontak langsung. Penggunaan teknologi RFID ini dianggap lebih unggul dibandingkan dengan kode batang (*barcode*), karena pada kode batang terbatas dengan jarak pandang dari reader-nya. Penggunaan RFID sudah banyak dilakukan perancangan untuk sistem rekam medis rumah sakit, sistem parkir, sistem jalan tol, sistem presensi pegawai atau mahasiswa, dll.

Ada dua komponen pada RFID yaitu antena reader RFID dan antena tag RFID. Antena yang dirancang pada tugas akhir ini adalah antena tag RFID pada frekuensi tengah 924 MHz, pada *range* frekuensi 923-925 MHz dengan gain  $\geq 2$  dBi dan bandwidth 2 MHz. Pada perancangan tugas akhir ini bertujuan membuat antena yang kecil dan praktis dalam penggunaannya, maka antena yang dirancang adalah antena mikrostrip dengan substrat yang digunakan adalah bahan alumina dengan  $\epsilon_r$  9.8 dan ketebalan 0.7 mm, serta bentuk *patch rectangular monopole spiral* pada antena mikrostrip yang karakteristiknya seperti antena *monopole* tetapi dilakukan putaran.

Dalam perancangan ini diperoleh antena RFID tag dengan ukuran 8x3 cm, VSWR pada frekuensi tengah 1.731, frekuensi kerja UHF pada 924 MHz, bandwidth 34.94 MHz, pola radiasi *omnidirectional*, gain 0.488 dB dan polarisasi elips.

**Kata kunci:** antena mikrostrip, antena RFID, RFID tag

### Abstract

*Radio-Frequency Identification (RFID)* is a technology of radio waves. This technology can be identified without the need for direct contact. The use of RFID technology is considered superior compared with the bar code (*barcode*), because the bar code is limited with visibility of its reader. The use of RFID has been widely applied for the design of hospital medical record system, parking system, highway system, a system employee or student presence, etc..

There are two components in the RFID antenna RFID reader and the RFID tag antenna. The antenna is designed in this thesis is the RFID tag antenna at the center frequency of 924 MHz, the frequency range 923-925 MHz with  $\geq 2$  dBi gain and a bandwidth of 2 MHz. In designing this thesis aims to make a small antenna and practical in use, the antenna is designed microstrip antenna with a substrate material used is alumina with  $\epsilon_r$  9.8 and a thickness of 0.7 mm, and the shape of a spiral rectangular patch on microstrip antenna made rectangular repeated.

In this design the RFID tag antenna is obtained with the specifications VSWR of frequency center 1.731, UHF operating frequency in 924 MHz, bandwidth of 34.94 MHz, omnidirectional radiation pattern, gain 0.488 dB and the polarization ellipse.

**Keywords:** microstrip antenna, RFID antenna, RFID tags

### 1 Pendahuluan

Saat ini, antena sudah diintegrasikan secara menyeluruh pada kebutuhan masyarakat modern. Salah satu contoh pengembangan antena adalah RFID. *Radio Frequency Identification (RFID)* merupakan pengembangan teknologi identifikasi berbasis gelombang radio. Teknologi ini mampu mengidentifikasi objek tanpa kontak langsung dengan jarak yang cukup jauh. Jika sebelumnya telah dikenal penggunaan kode batang (*barcode*), RFID menawarkan keunggulan sebagai bentuk penyempurnaan dari teknologi kode batang yang hanya terbatas pada jarak pandang dan keadaan lingkungan. Di Indonesia, penggunaan teknologi RFID masih jarang ditemui dibandingkan teknologi *barcode*. Pemanfaatan antena pada RFID sebagai elemen peradiasi gelombang elektromagnetik difungsikan sebagai tag dan reader.

*Radio Frequency Identification (RFID)*<sup>[6]</sup> adalah suatu metoda penyimpanan dan mengambil kembali data melalui gelombang radio menggunakan suatu peralatan yang disebut RFID tag atau transponder. Data yang ditransmisikan dapat berupa kode-kode yang bertujuan untuk mengidentifikasi suatu obyek tertentu. Suatu RFID tag dapat berupa benda yang sangat kecil, sehingga dapat disatukan dengan misalnya kertas stiker. Kertas stiker yang terdapat RFID tag tersebut dapat direkatkan ke dalam suatu produk, binatang, atau bahkan orang. Ketika kode-kode identitas yang terdapat pada RFID tags yang direkatkan dengan stiker tersebut dibaca oleh peralatan pembaca RFID tag, maka secara otomatis identitas dari benda yang telah diberi RFID tag tersebut akan segera diketahui.

Penelitian sebelumnya terkait RFID oleh I made Aditya Yogaswara pada perancangan printed monopole

antena fleksibel untuk aplikasi identifikasi pada radio militer yang diletakkan pada punggung tentara pada frekuensi 2.35 GHz membuat antena dengan ukuran 8,3×7,9 cm, gain yang didapatkan 6.39 dB<sup>[8]</sup>. Penelitian serupa oleh Sonya Koamesa perancangan antena fleksibel mikrostrip RFID tag dengan substrat polycarbonate berbentuk monopole spiral pada frekuensi kerja 915 MHz dengan ukuran antena 6,5×3,5 cm dengan gain -22,84 dB<sup>[2]</sup>.

Pada tugas akhir ini telah dirancang antena mikrostrip RFID tag dengan substrat alumina berbentuk rectangular monopole spiral pada frekuensi kerja 924 MHz sesuai dengan regulasi frekuensi RFID di Indonesia yang berdasar pada Dirjen Pos & Telekomunikasi-Departemen Komunikasi dan Informatika<sup>[5]</sup>. Tujuan dari penggunaan substrat alumina pada antena ini adalah untuk memperoleh dimensi antena yang lebih kecil karena alumina memiliki nilai er 9,8. Bentuk rectangular monopole spiral berkarakteristik seperti antena monopole (kawat) yang dibuat secara berputar membentuk segi empat dengan N kali putaran, dimana menyebabkan adanya induksi arus dan terjadinya frekuensi resonan

**2 Antena Mikrostrip Rectangular Monopole Spiral untuk RFID Tag**

Antena mikrostrip rectangular monopole spiral memiliki karakteristik yaitu dapat mendapatkan ukuran

antena yang lebih kecil karena karakteristik yang dimilikinya seperti kawat tipis (monopole) yang di susun secara berputar-putar sebanyak N kali pada sebuah substrat dielektrik sehingga antara line putaran 1 dan putaran 2 terdapat induksi arus yang menyebabkan suatu antena tersebut beresonansi pada frekuensi tertentu.

Adapun persamaan yang digunakan dalam mendesain antena rectangular monopole spiral dimulai dengan menghitung dimensi dan jumlah putaran (A, B,

N)<sup>[4]</sup>. Menggunakan simulator melakukan pemilihan perbandingan antara panjang A dan panjang B. Dengan kriteria perbandingan yang digunakan dipilih adalah

perbandingan yang memiliki nilai return loss paling baik, untuk mendapatkan nilai optimalisasi terbaik.

Jumlah putaran didapatkan dari  $\frac{N(A+B)}{4}$

dimana N(segment) di dapatkan dari rumus berikut :

$$\frac{N(\text{segment})}{4} = 40 \frac{(A+B)}{\lambda} \tag{4}$$

Perancangan groundplane dalam hal ini menggunakan groundplane tidak full pada seluruh substrat alumina, tetapi dengan cara sebagian substrat berbentuk persegi panjang dengan tinggi hasil dari optimasi dalam pencapaian gain terbaik bahan dalam pembuatan groundplane sama seperti pada patch, yaitu silver.

Teknik yang digunakan pada pencatuan ini yaitu mikrostrip line atau yang biasa disebut stripline, dimana pencatuan ini dilakukan dengan cara menghubungkan line pencatuan dengan patch. Pada patch dan line pencatuan menggunakan bahan yang sama dalam fabrikasi yaitu silver. Berikut merupakan persamaan (5) dan (6) yang digunakan untuk mencari dimensi mikrostrip line<sup>[1]</sup>. Untuk panjang (l) microstrip line agar dicapai impedance matching dengan menggunakan teknik transformator  $\frac{w}{4}$ .

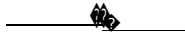
$$w = \frac{2h}{\pi} \left\{ \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \ln(2\epsilon_r - 1) + \frac{2\epsilon_r}{\epsilon_r + 1} [\ln(\epsilon_r - 1) + 0.39 - \frac{1}{\epsilon_r}] \right\} \tag{5}$$

Karena (w/h<1) maka nilai konstanta dielektrik relative menggunakan persamaan,

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{1 + \frac{4h}{w} \sqrt{1 + 12 \frac{w}{h}}} \tag{6}$$

Setelah dipilih skala perbandingan antara panjang A dan panjang B yang kemudian digunakan dalam persamaan (1) dan (2). Dari persamaan (3) dapat dilihat bahwa

hubungan dengan panjang gelombang yaitu semakin besar, maka menyebabkan panjang gelombang yang semakin kecil.



Panjang A = perbandingan (1)

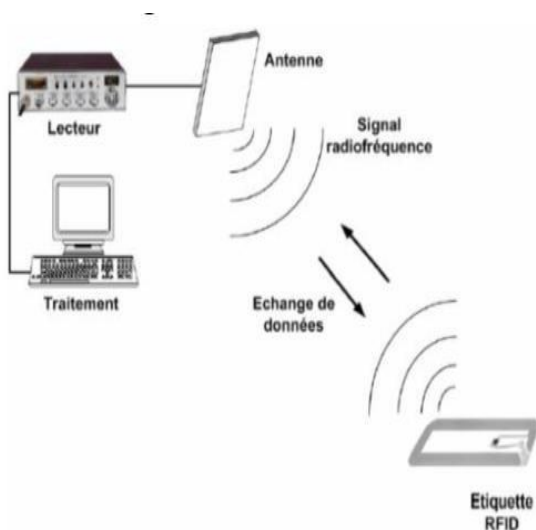
Panjang B =  $\frac{\text{perbandingan}}{\text{perbandingan B}}$  (2)

$\frac{\text{perbandingan}}{\text{perbandingan B}} = \frac{\text{perbandingan}}{\text{perbandingan B}}$  (3)

RFID (*Radio Frequency Identification*)<sup>[5]</sup> adalah pengiriman data nirkabel modern dan penerimaan teknik untuk aplikasi termasuk identifikasi otomatis, pelacakan aset dan pengawasan keamanan. Suatu sistem RFID membutuhkan dua komponen penting, yaitu antenna reader dan antenna tag. RFID tag atau transponder diletakkan pada objek yang akan diidentifikasi dan berfungsi sebagai data *carrier* dalam RFID System. RFID tag dapat berupa komponen aktif atau pasif. *Transponder* aktif pada tag menggunakan baterai untuk *power supply* dan secara aktif melakukan pengiriman sinyal RF untuk komunikasi, sementara transponder pasif mendapatkan energi dari sinyal interogasi transceiver dan merefleksikan atau menerima sinyal modulasi dari sinyal *transceiver* untuk komunikasi. Pada perancangan antena kali ini sebagai RFID tag komponen pasif.

Teknologi RFID didasarkan pada prinsip kerja gelombang elektromagnetik, dengan prinsip kerjanya<sup>[5]</sup> adalah:

- Komponen utama dari RFID tag adalah *chips* dan tag-antena yang biasa disebut dengan inlay, dimana *chip* berisi informasi dan terhubung dengan *tag* antenna.
- Informasi yang berada atau tersimpan dalam *chip* ini akan terkirim atau terbaca melalui gelombang elektromagnetik setelah tag antenna menerima pancaran gelombang elektromagnetik dari reader antenna (*interogator*). RFID reader ini yang sekaligus akan meneruskan informasi pada aplikasi server.



Gambar 1 Sistem Kerja RFID<sup>[4]</sup>

3 Perancangan

Proses pembuatan antenna diawali dengan menentukan spesifikasi bentuk dan bahan antenna beserta parameternya, yaitu frekuensi kerja, *bandwidth*, polarisasi, pola radiasi, *return loss*, dan *gain*. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi antenna yang digunakan dalam penelitian kali ini.

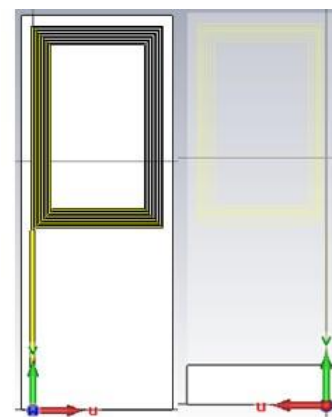
Tabel 1 Spesifikasi Antena<sup>[5][7]</sup>

Spesifikasi	Keterangan
Bahan Substrat	Alumina
Tebal Substrat	0.7 mm
Frekuensi Kerja	924 MHz (UHF)
Bandwidth	2 MHz (923 – 925 GHz)
Pola radiasi	Omnidirectional
Polarisasi	Linear
VSWR	≤ 2
Gain	≥ 2 dBi

Setelah penentuan spesifikasi, dilakukan perhitungan secara matematis, dan dilakukan optimasi dimensi antenna untuk mendapatkan spesifikasi antenna yang diinginkan. Komponen dimensi antenna pada saat simulasi di tunjukan pada tabel 2.

Tabel 2 Dimensi Antena

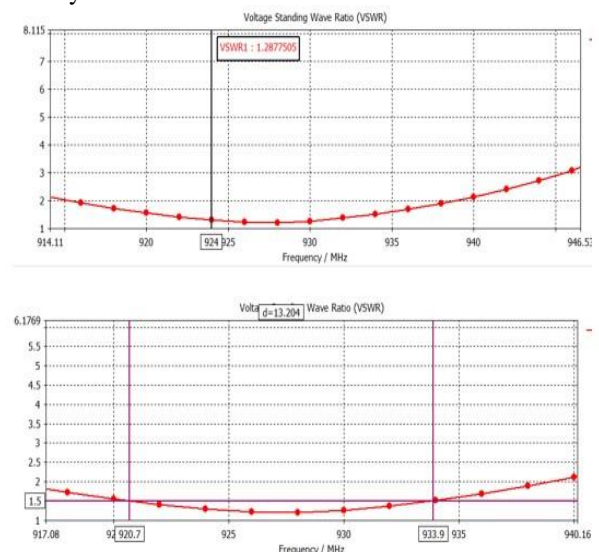
Parameter	Dimensi Perhitungan	Dimensi Optimasi
A ( <i>Patch</i> Lebar)	11.523 mm	26.2 mm
B ( <i>Patch</i> Panjang)	23.0474	40 mm
Jumlah Putaran	6 loop	6 loop
Lebar <i>Line</i>	0.5 mm	0.3 mm
Jarak <i>Line</i>	0.5 mm	0.3818 mm
Tebal <i>Patch</i>	0.7 mm	0.7 mm
Panjang <i>Stripline</i> (l)	17.2856 mm	37 mm
Lebar <i>Stripline</i> (w)	0.672 mm	0.9 mm
Panjang <i>Groundplane</i>	17.2856 mm	8 mm



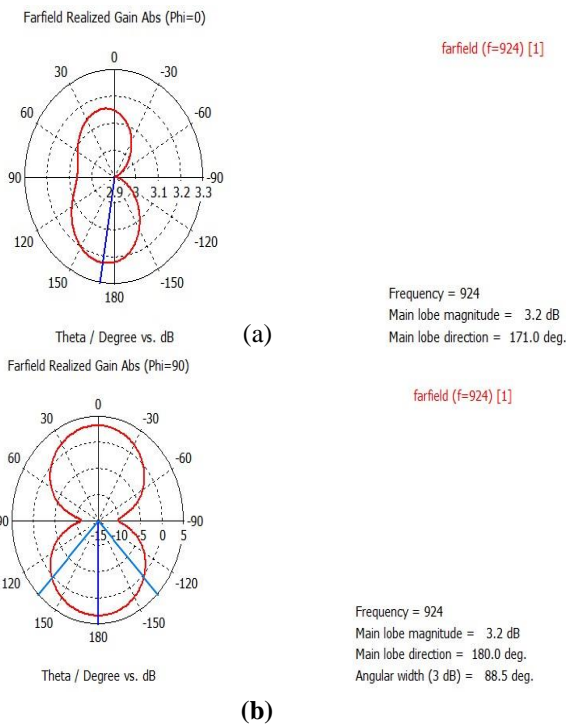
Gambar 2 Desain Antena Mikrostrip Rectangular Monopole Spiral

Gambar 2 merupakan hasil perancangan yang dilakukan dengan menggunakan software simulator perancangan antenna berbasis *Finite Integration Technique* (FIT)<sup>[3]</sup>.

Dari hasil simulasi, pada gambar 3 menunjukkan *bandwidth* dengan spesifikasi VSWR ≤ 1.5 sebesar 13.204 MHz dan nilai VSWR pada frekuensi tengah 924 MHz yaitu 1.287.

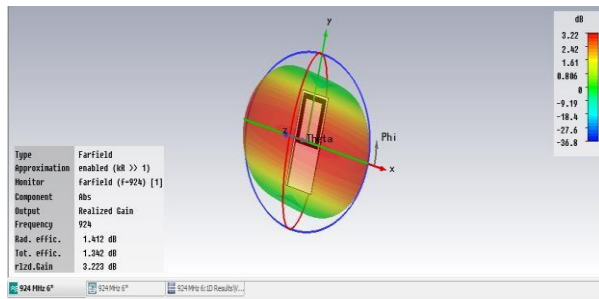


Gambar 3 Grafik VSWR Hasil Simulasi



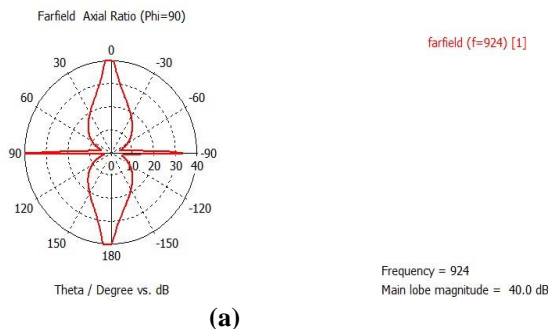
**Gambar 4** Pola Radiasi Hasil Simulasi (a) Azimuth (b) Elevasi

Dari gambar 4 tersebut terlihat bahwa pola radiasi yang dihasilkan adalah *omnidirectional*. Dengan HPBW yang didapatkan pada elevasi yaitu 88.5 derajat.

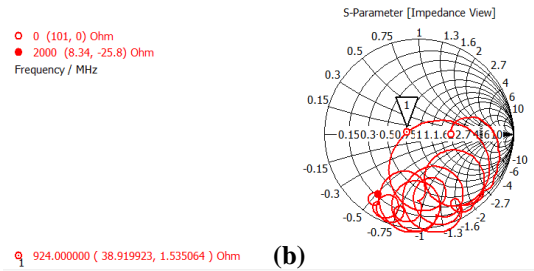


**Gambar 5** Gain Hasil Simulasi

Gain yang dihasilkan pada gambar 5 dari proses simulasi sebesar 3.22 dB.



(a)



**Gambar 6** Grafik Hasil Simulasi (a) Polarisasi Linier Vertikal (b) Impedansi

Dari gambar 6, menunjukkan polarisasi yang dihasilkan saat simulasi sebesar 40 dB, hal ini menunjukkan bahwa polarisasi bersifat linier. Impedansi hasil simulasi pada frekuensi 924 MHz yaitu  $38.919923 + j1.5350$  ohm dari impedansi karakteristiknya yaitu 50 ohm.

Setelah dihasilkan hasil simulasi yang telah sesuai dengan spesifikasi antenna, langkah selanjutnya yaitu pabrikan. Pabrikan dilakukan dengan kerja sama dengan pihak BKME P2ET LIPI. Teknologi yang digunakan pada pabrikan antenna ini adalah *thick film*. Teknologi *Thick film* (TFT) merupakan salah satu bagian dari teknologi proses mikroelektronika untuk pabrikan komponen-komponen elektronika secara *screen printing*.

#### 4 Pengukuran dan Analisis

Dalam proses pengukuran antenna dilakukan di laboratorium antenna Universitas Telkom. Berikut merupakan hasil pengukuran medan dekat pada antenna mikrostrip *rectangular monopole spiral*:



(a)



(b)

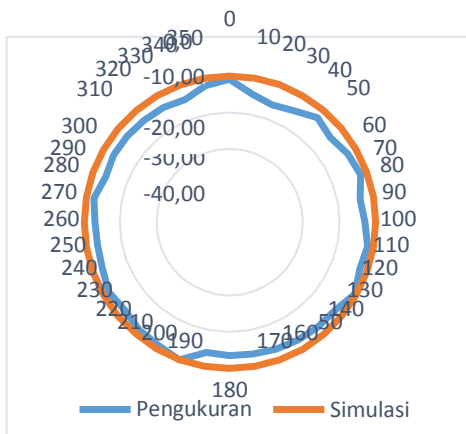


(c)

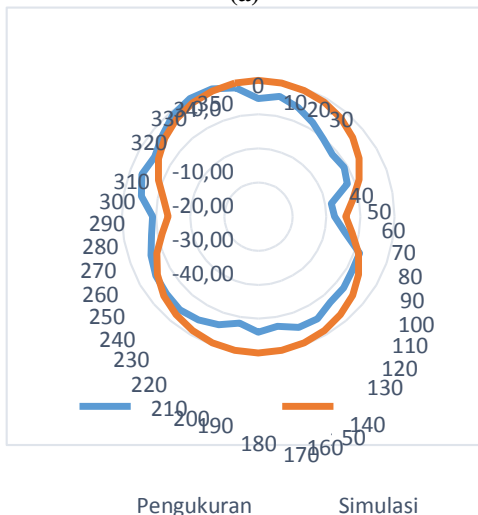
**Gambar 7** Hasil Pengukuran Medan Dekat (a)

Bandwidth VSWR ≤ 2 (b) VSWR Frekuensi Kerja (c) Impedansi

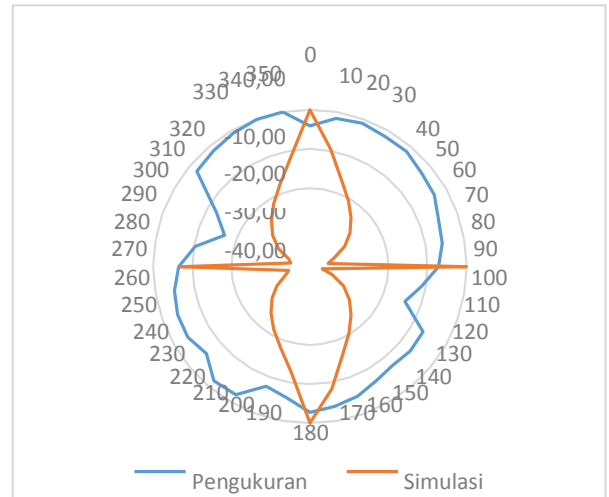
Hasil pengukuran medan dekat dapat dilihat pada gambar 7. Pada gambar 7a dan 7b menunjukkan hasil pengukuran VSWR pada frekuensi kerja antenna bernilai 1.731 dan nilai *return loss* pada frekuensi kerja sebesar -11.44 dB, dengan *bandwidth* yang terukur sebesar 39.94 MHz untuk nilai VSWR ≤ 2. Gambar 7c menunjukkan impedansi yang terukur di frekuensi kerja sebesar 78.83-j28.79 Ω.



(a)



(b)



**Gambar 9** Hasil Pengukuran Polarisisasi

**Tabel 3** Hasil Pengukuran *Gain*

No	Antena <i>Under Test</i> (dBm)	Antena Referensi (dBm)
1	-35.10	-30.50
2	-35.1	-30.29
3	-35.11	-29.57
4	-35.79	-29.28
5	-35.72	-29.17
6	-35.37	-30.67
7	-35.45	-28.75
8	-35.45	-28.75
9	-35.45	-32.10
10	-35.29	-28.32
Daya terima rata-rata	-35.373	-29.863

$$G_t = \frac{P_t}{P_s} G_s \tag{7}$$

$$G_s = P_s - P_t + G_t \text{ (dB)} \tag{8}$$

$$G_s = -35.375 - (-29.863) + 6$$

$$G_s = 0.488 \text{ dB}$$

Hasil pengukuran medan jauh dapat dilihat pada Gambar 8, 9 dan Tabel 3. Pada gambar 8a menunjukkan grafik perbandingan level daya terima simulasi dan pengukuran pola radiasi dalam arah azimuth, gambar 8b menunjukkan level daya terima dalam arah elevasi. Dan gambar 9 menunjukkan level daya terima pengukuran polarisasi, pada simulasi didapatkan polarisasi linier vertikal sedangkan pada pengukuran elips vertikal. Tabel 3 menunjukkan level daya terima pengukuran *gain*, berdasarkan persamaan (7) dan (8) yang menggunakan metode perbandingan dua antenna. Dengan

**Gambar 8** Hasil Pengukuran Pola Radiasi (a) Azimuth

(b) elevasi

antena *horn* sebagai antena *transmitter* yang memiliki nilai *gain* 6 dB pada frekuensi 924 MHz, maka diperoleh nilai *gain* pada antena mikrostrip *rectangular monopole* spiral adalah 0.488 dB.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya<sup>[4]</sup> menyatakan bahwa  $\frac{G_{\text{horn}}}{G_{\text{spiral}}} =$

$\frac{FR(1-B)}{N}$ , sehingga semakin banyak *loop patch* maka frekuensi resonansi semakin kecil. Akan tetapi semakin banyak *loop patch* tersebut menyebabkan *bandwidth* yang semakin sempit. Banyaknya jumlah *loop* juga berpengaruh kepada ukuran antena, semakin banyak jumlah *loop* maka dimensi ukuran antena mikrostrip yang didapatkan makin kecil.

Pergeseran frekuensi resonansi disebabkan oleh pengaruh *loss* pada konektor antena realisasi, berbeda dengan keadaan konektor pada saat simulasi yang tidak memiliki *loss*. Proses pabrikasi antena juga berpengaruh pada hasil pengukuran, sangat dimungkinkan bahwa kurangnya presisi pada proses pembuatan. Pergeseran frekuensi juga akan mengakibatkan pergeseran *bandwidth* dan impedansi.

## 5 Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dari hasil perancangan, realisasi dan pengukuran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan *rectangular monopole* spiral dapat memperkecil ukuran antena, yang pada dasarnya antena ini merupakan antena *monopole* yang dibentuk melingkar sesuai dengan jumlah *loop*
2. Antena mikrostrip *rectangular monopole* spiral dengan menggunakan substrat alumina mampu mendapatkan ukuran sekecil  $79.44 \times 30.5$  mm dengan *gain* 0.488 dB
3. Nilai VSWR yang didapatkan pada frekuensi kerja 924 MHz adalah 1.731 dan dengan spesifikasi VSWR sebesar  $\leq 2$  memiliki *bandwidth* 34.94 MHz
4. *Groundplane* pada antena mikrostrip ini sangat berpengaruh terhadap nilai *return loss*, semakin kecil tinggi dari *groundplane* akan menghasilkan *return loss* yang semakin kecil (baik)
5. Pengaruh dalam tinggi *groundplane* yang semakin rendah menyebabkan frekuensi beresonansi di frekuensi yang lebih besar sehingga dimensi antena diperbesar untuk sesuai spesifikasi, semakin besarnya ukuran antena juga menyebabkan meningkatnya nilai parameter *gain*
6. Pola radiasi yang dihasilkan sudah memenuhi spesifikasi yaitu *omnidirectional* dengan tujuan RFID tag ini dapat digunakan dalam segala arah, akan tetapi kekurangannya mendapatkan *gain* yang lebih kecil dibanding *unidirectional* ataupun *bidirectional*
7. Kekurangan dalam tugas akhir ini belum dapat dilakukan pengukuran pada sistem RFID secara langsung yang dapat membuktikan bagaimana jarak penggunaan RFID tag.

### 5.2 Saran

Untuk mendapatkan performansi yang lebih baik, saran untuk penelitian berikutnya antara lain

1. Perlu melakukan pengkajian ulang terhadap pendekatan persamaan terhadap pencarian nilai parameter pada *rectangular monopole* spiral, karena pada persamaan ini digunakan untuk mendapatkan *return loss* pada frekuensi kerja tertentu tetapi tidak mengutamakan dengan hasil *gain*
2. Dalam penggunaan antena alumina memiliki kekurangan sangat ringkih, sehingga dalam penelitian selanjutnya perancangan antena untuk RFID tag juga disesuaikan dengan *encapsulation* atau bungkus *inlay*
3. Perhatikan ketelitian dalam pembuatan antena dan pemilihan *transmission line* yang digunakan pada antena mikrostrip
4. Perhatikan pengaruh tinggi *groundplane* yang terlalu kecil juga akan menyebabkan frekuensi yang bergeser lebih ke frekuensi yang lebih besar, sehingga berpengaruh ukuran antena yang lebih besar
5. Dalam menyesuaikan spesifikasi yang dibutuhkan aplikasi RFID juga harus memperhatikan ukuran antena yang disesuaikan lingkungan dan aplikasi RFID sistem
6. Nilai *gain* dari antena sangat penting dalam sistem komunikasi radio hubungannya berada pada jarak dalam penggunaan antena RFID tag tersebut, semakin besar *gain* maka antena dapat bekerja di jarak yang lebih jauh
7. Untuk mendapatkan jarak penggunaan RFID tag dalam sistem dapat dilakukan dengan cara pendekatan persamaan analisis *pathloss* berdasarkan perhitungan *link budget* dengan mengetahui nilai *threshold* pada RFID reader.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balanis, C. A. (2005). *ANTENA THEORY ANALYSIS AND DESIGN Third Edition*. Canada: Wiley-Interscience.
- [2] Koamesa, S. (2014). Perancangan dan Realisasi Antena Fleksibel UHF dengan Substrat Polycarbonate dengan Metode Sputtering untuk RFID Tag. Bandung: IT Telkom
- [3] LABORATORY, T. C. (2014, April 28). *The Finite Integration Technique*. Retrieved from CVEL : [http://www.cvel.clemson.edu/modeling/tutorials/techniques/fit/finite\\_integration.html](http://www.cvel.clemson.edu/modeling/tutorials/techniques/fit/finite_integration.html)
- [4] Mostafa, M., Mounir, R., Latrach, & Benbassou. (n.d.). Simplified Design Approach of Rectangular Spiral Antenna for UHF RFID Tag. *ISBN: 978-1-61804-005-03*, 17-24.
- [5] NN. (n.d.). Retrieved Agustus 31, 2008, RFID (Radio Frequency Identification): <http://www.solper.com/pic/48-Vol-2-b.pdf>
- [6] NN. (n.d.). Retrieved Agustus 31, 2013, from Skema Elektronik Terbaru: [Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Rectangular Monopole Spiral dengan Substrat Alumina pada UHF untuk RFID Tag](http://hillman-</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)



skemaelektronikterbaru.blogspot.com/p/operation-of-rfid-systems.html

- [7] Ward, M., Kranenburg, R.V., Backhouse, Gaynor. (2006). RFID: Frequency, Standard, Adoption, and Inovation. London: Goldsmiths College University of London.
- [8] Yogaswara, A. (2012). Perancangan, Simulasi, dan Realisasi Antena Fleksibel untuk Aplikasi Komunikasi Radio Militer pada Frekuensi 2350 MHz. Bandung: IT Telkom.



