

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP SQUARE SPIRAL MENGGUNAKAN DEFECTED GROUND STRUCTURE UNTUK APLIKASI PEMBACA RFID PADA BAND UHF

DESIGN AND REALIZATION OF SQUARE SPIRAL MICROSTRIP ANTENNA USING DEFECTED GROUND STRUCTURE FOR UHF BAND RFID READER APPLICATION

Ni Putu Kartika Dewi¹, Ir. Bambang Sumajudin, M.T.², Dr. Ir. Yuyu Wahyu, M.T.³

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

²Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

³PPET-LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

kartikadewi072@gmail.com, sumajudin@telkomuniversity.ac.id, yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Teknologi gelombang radio saat ini sedang berkembang dengan cepat di dunia. Radio Frequency Identification (RFID) merupakan salah satu teknologi yang menggunakan gelombang radio secara otomatis untuk mengidentifikasi orang atau benda. Teknologi RFID ini adalah proses pengidentifikasian tanpa kabel, jika sebelumnya telah dikenal penggunaan kode batang (*barcode*) dimana proses identifikasinya dilakukan secara bersentuhan, namun RFID ini menawarkan keunggulan sebagai bentuk penyempurnaan dari penggunaan *barcode* sebelumnya.

Untuk mendukung teknologi RFID diperlukan suatu antenna yang memiliki spesifikasi berukuran kecil dan praktis, bahan yang relatif sederhana, biaya produksi yang relatif murah sehingga mampu mendukung performansi yang baik untuk aplikasi RFID.

Perancangan antenna patch *square spiral* dengan menggunakan *defected ground structure* (DGS) yang bekerja pada band UHF dengan bentuk DGS yaitu *dumbbell-shape* dan direalisasikan dengan substrat FR-4 Epoxy yang memiliki konstanta dielektrik $\epsilon_r = 4,3$ dan ketebalan $h = 1,6$ mm. Hasil simulasi antenna bekerja pada frekuensi 924 MHz dengan nilai VSWR adalah 1,249, *bandwidth* 27 MHz, dan nilai *gain* adalah -12,89 dBi. Pada antenna yang telah dilakukan proses pengukuran didapatkan nilai VSWR pada frekuensi 924 MHz adalah 1,502 dan *bandwidth* 37 MHz. *Gain* antenna hasil pengukuran sebesar -10,52 dBi, polarisasi yang dihasilkan adalah ellips dengan pola radiasi *omnidirectional*. Berdasarkan hasil pengukuran beberapa parameter antenna yang dirancang belum memenuhi spesifikasi sehingga belum sesuai untuk aplikasi RFID reader pada band UHF.

Kata kunci: Antena, mikrostrip, UHF, square spiral, RFID, DGS

Abstract

Radio wave technology is currently developing rapidly in the world. Radio Frequency Identification (RFID) is one technology that uses radio waves automatically to identify people or objects. RFID technology is the process of identifying wirelessly if previously it was known to use barcodes where the identification process was carried out in contact, but this RFID offers excellence as a form of improvement from the previous barcode usage.

RFID technology required specification such as, the antenna that has small dimension and practical specifications is required, a relatively simple material, relatively inexpensive production costs so that it can support good performance for RFID applications.

The design of *square spiral* antenna using *defected ground structure* (DGS) at UHF bands frequency with use *dumbbell-shaped* DGS and realized with epoxy FR-4 substrate which has a dielectric constant $\epsilon_r = 4,3$ and thickness $h = 1,6$ mm. Based on simulation results VSWR value at the frequency of 924 MHz is 1,249 and 27 MHz *bandwidth*. *Gain* antenna simulation result of -12,89 dBi. Based on the measurement process obtained VSWR value at the frequency 924 MHz is 1,502 and 37 MHz *bandwidth*. Antenna *gain* measured is -10,52 dBi, the resulting polarization is an ellips with an *omnidirectional* radiation pattern. Based on the measurement results from of the antenna parameters designed have not been so the antenna is not suitable for RFID reader application on the UHF band.

Keywords: Antenna, microstrip, UHF, square spiral, RFID, DGS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kemajuan teknologi mengalami perkembangan yang signifikan dan salah satunya yang sedang berkembang adalah teknologi RFID. Radio Frequency Identification (RFID) adalah sebuah sistem untuk identifikasi tanpa kabel. Proses identifikasi ini memungkinkan pengambilan data tanpa harus bersentuhan. Jika sebelumnya telah dikenal penggunaan kode batang (*barcode*) dimana proses identifikasinya dilakukan secara bersentuhan dengan menggesekkan atau memasukkan sebuah magnetik card. RFID ini menawarkan keunggulan sebagai bentuk penyempurnaan dari penggunaan *barcode* sebelumnya.

Salah satu komponen yang berperan dalam teknologi RFID ini adalah antenna. Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antenna dengan dimensi yang kecil, hal itu menjadi salah satu keuntungan dari antenna mikrostrip itu sendiri, bahan yang relatif sederhana, biaya produksi yang relatif murah sehingga mampu mendukung performansi yang baik untuk aplikasi RFID.

Penelitian sebelumnya terkait RFID oleh [1], telah direalisasikan antenna mikrostrip rectangular monopole spiral dengan substrat alumina pada UHF untuk aplikasi RFID Tag pada frekuensi kerja 924 Mhz dengan ukuran 79.44×30.5 mm dan gain 0.488 dB. Pada [2], telah direalisasikan antenna fleksibel mikrostrip RFID Tag dengan substrat polycarbonate berbentuk *monopole spiral* pada frekuensi kerja 915 MHz dengan ukuran antenna $6,5 \times 3,5$ cm dengan gain -22,84 dB. Pada [3], telah direalisasikan Antena Mikrostrip Rectangular pada UHF (860-960 MHz) dengan DGS (Defected Ground Structure) Bentuk Oktagonal Untuk Aplikasi RFID (Radio Frequency Identification). Pada tugas akhir ini akan dirancang dan direalisasikan antenna patch *square spiral* dengan metode defected ground structure (DGS) menggunakan substrat FR-4. Antena yang dirancang mempunyai spesifikasi gain ≥ 1 dB, VSWR ≤ 2 , Return loss ≤ -10 dB, Pola radiasi *directional*.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Merancang dan merealisasikan antenna mikrostrip *square spiral* pada frekuensi UHF yaitu 924 Mhz untuk aplikasi pembaca RFID dengan penambahan DGS.
2. Merancang dan merealisasikan antenna yang digunakan untuk aplikasi pembaca RFID dengan spesifikasi
 - a. Frekuensi kerja : 924 MHz
 - b. Bandwidth : 923-925 MHz
 - c. VSWR : ≤ 2
 - d. Gain : $\geq 1,8$ dBi
 - e. Substrat : FR-4
 - f. Pola radiasi : *Directional*
 - g. Polarisasi : Linear

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merancang antenna mikrostrip *square spiral* dengan penambahan DGS sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan?
2. Bagaimana merancang dan merealisasikan bentuk DGS pada antenna *square spiral* untuk meningkatkan *bandwidth* dan *gain*?
3. Bagaimana merancang dan merealisasikan posisi letak DGS pada antenna *square spiral* untuk meningkatkan *bandwidth* dan *gain*?
4. Bagaimana dimensi dan performansi hasil simulasi antenna *square spiral* dengan penambahan DGS?

1.4 Batasan Masalah

1. Jenis antenna yang dirancang adalah antenna mikrostrip patch *square spiral*.
2. Simulasi menggunakan software CST Microwave Studio untuk simulasi antenna.
3. Pembahasan hanya fokus pada antenna mikrostrip RFID reader.
4. Tidak membahas teknologi RFID reader secara detail.
5. Pengukuran tidak dilakukan pada system RFID.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu studi literatur, perancangan dan simulasi, realisasi dan pengukuran, analisis.

Studi literatur yaitu memahami beberapa literatur seperti *text book* ataupun jurnal ilmiah yang digunakan sebagai referensi pengerjaan tugas akhir ini. Tahap selanjutnya yaitu perancangan dan simulasi dimana membuat rancangan antenna yang akan direalisasikan dan mensimulasikan hasil rancangan antenna menggunakan software CST. Setelah melakukan perancangan antenna *square spiral*, maka antenna akan direalisasikan dan diukur parameternya. Setelah melakukan realisasi dan pengukuran, maka antenna tersebut siap dianalisis.

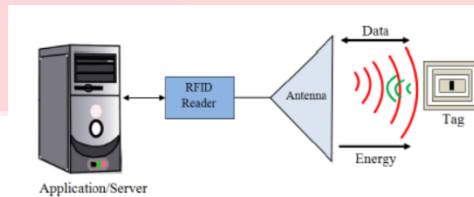
2. Dasar Teori

2.1 Radio Frequency Identification (RFID)

Radio Frequency Identification (RFID) atau identifikasi frekuensi radio adalah sebuah metode identifikasi dengan menggunakan sarana yang disebut label RFID atau transponder untuk menyimpan dan mengambil data jarak jauh [4]. Label atau kartu RFID adalah sebuah benda yang bisa dipasang atau dimasukkan di dalam sebuah produk, hewan atau bahkan manusia dengan tujuan untuk identifikasi menggunakan gelombang radio. Label RFID terdiri atas mikrochip silikon dan antena. Label yang pasif tidak membutuhkan sumber tenaga, sedangkan label yang aktif membutuhkan sumber tenaga untuk dapat berfungsi.

2.1.1 Komponen RFID [5]

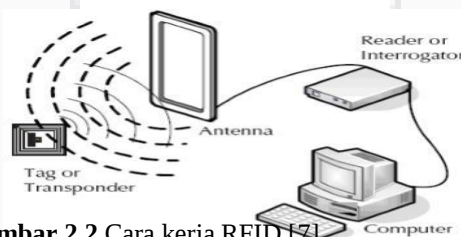
Suatu sistem *Radio Frequency Identification* (RFID) secara utuh terdiri atas 4 komponen seperti pada gambar 2.1 di bawah ini yaitu:



1. RFID Tag
RFID Tag dapat berupa stiker atau plastik dengan beragam ukuran. RFID Tag memiliki memori dalam bentuk microchip yang menyimpan kode unik untuk tag identifikasi.
2. Antena
Antena berfungsi untuk mentransmisikan sinyal frekuensi radio antara RFID reader dengan tag RFID. Antena dipasang ke pembaca yang digunakan untuk membaca tag.
3. RFID Reader
RFID reader adalah peralatan yang bertenaga eksternal yang digunakan dalam system RFID sebagai perangkat tegangan antara RFID tag dan aplikasi pengguna sebagai pembaca yang dapat beroperasi pada beberapa frekuensi.
4. Software Aplikasi
Perangkat lunak aplikasi dijalankan di computer induk dan itu memungkinkan pengguna untuk melihat informasi RFID.

2.1.2 Cara Kerja RFID

Suatu Reader RFID adalah perangkat yang digunakan untuk menginterogasi sebuah Tag RFID. Reader memiliki antenna yang memancarkan gelombang radio. Reader RFID akan selalu memancarkan signal atau frequency tertentu secara terus menerus sampai terdapat sebuah chip RFID menerima signal tersebut pada jarak jangkauan tertentu tergantung dengan antenna yang terpasang [6].



Gambar 2.2 Cara kerja RFID [7]

Sebuah chip RFID melintasi area dari Reader RFID tersebut, dimana Tag RFID dengan chip didalamnya akan merespon dan akan secara otomatis aktif jika frekuensi yang dipancarkan sesuai dengan frekuensi yang di set didalam chip RFID tersebut kemudian membalas dengan cara mengirimkan data yang terdapat didalamnya. Antena pada RFID Tag berfungsi agar memungkinkan chip dapat mentransmisikan informasi data identifikasi kepada Reader RFID. Reader RFID kemudian akan mengubah gelombang radio (gelombang analog) yang diterima dari RFID Tag menjadi informasi digital, lalu melanjutkan proses selanjutnya dengan mengirimkan data tersebut ke computer untuk diolah.

2.2 Antena Mikrostrip Square Spiral

Antena mikrostrip *square 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 antenna tersebut beresonansi pada frekuensi tertentu.

Jumlah putaran pada antenna square spiral didapatkan dari persamaan berikut:

$$\frac{N(segment)}{4} = 40 \frac{(A+B)}{\lambda} \quad (2.1)$$

Dimana panjang A dan panjang B didapatkan dari persamaan berikut:

$$A = \frac{\lambda_g}{6}, \quad B = \frac{\lambda_g}{6} \quad (2.2)$$

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.3)$$

Keterangan:

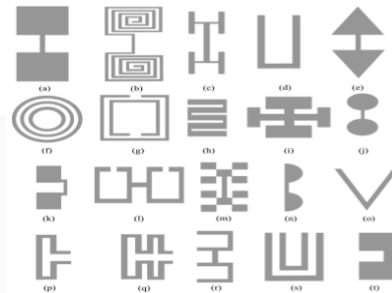
A = Panjang A

B = Panjang B

λ_g = panjang Gelombang

2.3 Defected Ground Structure (DGS)

DGS direalisasikan dengan menggoreskan bentuk sederhana pada bagian groundplane yang disebut "cacat". Berbagai bentuk dan dimensi dgs, dapat diubah dari bentuk sederhana hingga bentuk rumit untuk meningkatkan kinerja yang lebih baik. Tergantung pada konfigurasi dan bentuk dgs tersebut [8].



Gambar 2.3 Jenis Defected Ground Structure (DGS) [9]

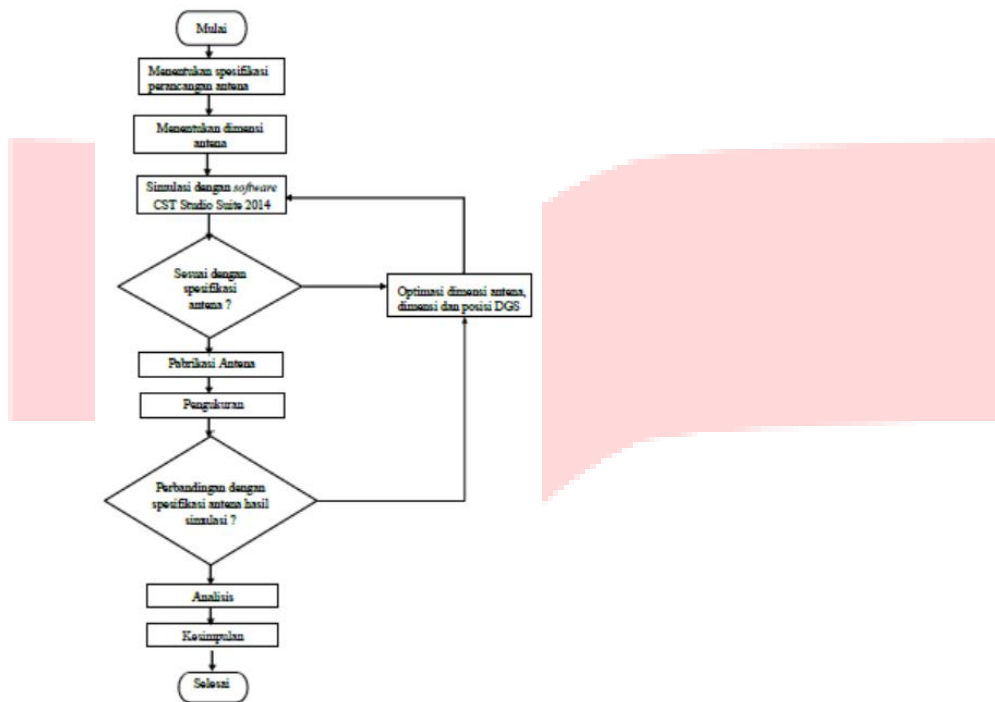
Defected Ground Structure (DGS) memiliki berbagai bentuk seperti pada gambar 2.3 di bawah ini. (a)dumbbell-shape (b)Spiral-shaped (c)Hshaped (d)U-shaped (e)arrow head dumbbell (f)concentric ring shaped (g)splitring resonators (h)interdigital (i)cross-shaped (j)circular head dumbbell (k)square heads connected with U slots (l)open loop dumbbell (m)fractal (n)halfcircle (o)Vshaped (q)meander lines (r)U-head dumbbell (s)double equilateral U (t)square slots connected with narrow slot at edge [10].

3. Perancangan dan Simulasi

3.1 Perancangan Antena

Dalam perancangan dan realisasi antenna mikrostrip patch square spiral dengan DGS (Defected Ground Structure) ini terdapat 5 tahap diantaranya yaitu: Penentuan Spesifikasi antenna seperti frekuensi kerja, *bandwidth*, *gain*, VSWR, polarisasi, dan pola radiasi. Menentukan Dimensi dilakukan penentuan dan perhitungan dimensi antenna yang bertujuan untuk menentukan dimensi antenna yang akan dirancang. Perancangan dan Simulasi dengan software CST studio suite untuk memvisualisasikan dan mensimulasikan tahap sebelumnya. Lalu tahap selanjutnya pabrikan sesuai dengan model yang telah disimulasikan. Tahap terakhir adalah merealisasikan antenna yang telah dirancang dan melakukan analisis perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil realisasi antenna yang telah dirancang.

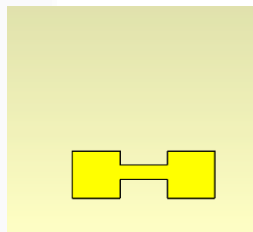
3.2 Diagram Alir Perancangan



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Antena

3.3 DGS (Defected Ground Structure)

Desain *dumbbell-shaped ground structure* seperti pada gambar 3.2 yang terletak pada bagian *groundplane* antena. Bagian ini, perlu dilakukan beberapa macam desain dengan perubahan nilai yang dapat mempengaruhi nilai VSWR, return loss, dan *gain* agar diperoleh hasil yang maksimal.



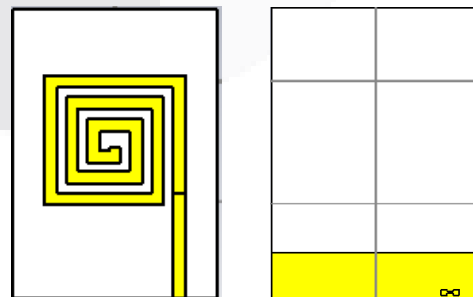
Gambar 3.2 Dumbbell-shaped ground structure

3.4 Hasil Simulasi Antena

Berdasarkan gambar 3.3 memperlihatkan struktur antena yang telah dioptimasi dimana menggunakan pembatasan *groundplane* serta penambahan dgs pada *groundplane*. Nilai dari parameter – parameter yang pada struktur tersebut disajikan pada tabel 3.6. Berikut adalah hasil simulasi dari struktur tersebut.

Tabel 3.1 Perancangan Dimensi Antena

Parameter	Dimensi Antena Perancangan Antena (mm)
wl	1
h	1.6
sl	1.78
p	4
w	11.68
l	10.79



Gambar 3.3 Desain Hasil Optimasi Antena

Tabel 3.2 Tabel Hasil Simulasi

Parameter	Spesifikasi Awal	Simulasi
Frekuensi Kerja (MHz)	924	924
Bandwidth dengan batas nilai VSWR ≤ 2 (MHz)	2	27
Impedansi	50 Ω	(40.177 -j2.00) Ω
Pola Radiasi	Directional	Bidirectional
Polarisasi	Linear	Linear
VSWR	≤ 2	1.249
Gain	≥ 1.8 dBi	-12.89 dBi

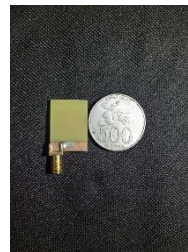
4. Hasil Dan Analisis

4.1 Realisasi Antena

Setelah dilakukan perancangan antenna melalui simulasi dan memperoleh hasil yang sesuai dengan spesifikasi, kemudian dilanjutkan dengan proses pabrikan antenna. Selanjutnya dilakukan proses pencetakan dan pengukuran terhadap antenna seperti pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



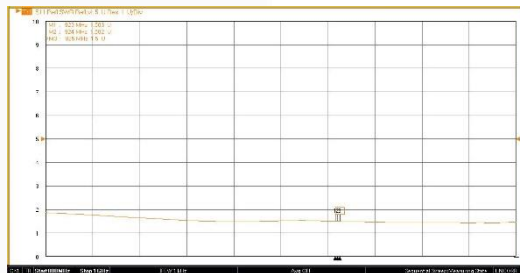
Gambar 4.1 Antena Tampak Depan



Gambar 4.2 Antena Tampak Belakang

4.2 Hasil Pengukuran VSWR

Pengukuran dengan *Network Analyzer* ini dilakukan dengan rentang frekuensi 800 MHz – 1 GHz. Hasil pengukuran VSWR dapat dilihat pada Gambar 4.3 adalah 1,503

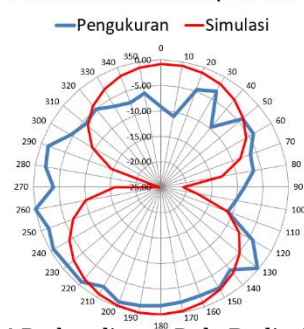


Gambar 4.3 Hasil Pengukuran VSWR

4.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi

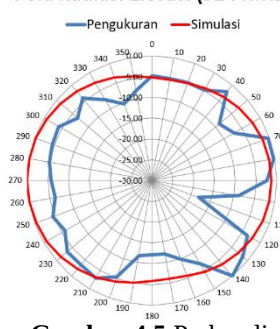
Dari hasil pengukuran dapat terlihat bahwa pola radiasi baik secara azimuth maupun elevasi yaitu pola radiasi mendekati *directional* yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5 dimana hasil tersebut belum sesuai dengan spesifikasi antenna yang telah ditentukan sebelumnya.

Pola Radiasi Azimuth (924 MHz)



Gambar 4.4 Perbandingan Pola Radiasi Azimuth

Pola Radiasi Elevasi (924 MHz)



Gambar 4.5 Perbandingan Pola Radiasi Elevasi

4.4 Perbandingan Simulasi dan Realisasi

Simulasi dan realisasi antenna mikrostrip *square spiral* telah selesai dilakukan, berikut adalah tabel perbandingan antara hasil simulasi dan realisasi.

Tabel 4.1 Perbandingan Spesifikasi Awal, Simulasi, Realisasi

Parameter	Spesifikasi Awal	Simulasi	Realisasi
Frekuensi Kerja (MHz)	924	924	924
Bandwidth dengan batas nilai $VSWR \leq 2$ (MHz)	2	27	37
Impedansi	50Ω	$(40.177 - j2.00) \Omega$	$(68.52 - j8.347) \Omega$
Pola Radiasi	<i>Directional</i>	<i>Bidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>
Polarisasi	<i>Linear</i>	<i>Linear</i>	<i>Elips</i>
VSWR	≤ 2	1.249	1.502
Gain	≥ 1 dBi	-12.89 dBi	-10.11 dBi

Dari hasil simulasi dan pengukuran diatas terdapat spesifikasi yang tidak tercapai seperti nilai gain, impedansi, dan polarisasi. Gain yang diharapkan pada spesifikasi awal yaitu ≥ 1 sedangkan yang didapatkan setelah direalisasikan adalah -10.11 dBi, nilai gain yang didapatkan kurang dari nilai spesifikasi awal, sehingga nilai gain lebih kecil. Nilai gain yang kecil dapat mempengaruhi daya yang dipancarkan oleh antenna. Gain yang kecil didapatkan karena pengaruh dari ukuran dimensi antenna mikrostrip.

Nilai impedansi yang tidak memenuhi spesifikasi awal yaitu 50Ω karena kondisi yang tidak match antara antenna dengan saluran transmisi dapat mempengaruhi koefisien pantul dan VSWR. Semakin tidak sepadan antara impedansi antenna dengan impedansi saluran transmisinya, maka nilai koefisien pantul akan semakin besar dan menyebabkan nilai VSWR juga semakin besar. Kondisi tidak *matching* dapat menyebabkan daya yang diterima akan dipantulkan kembali.

Hasil polarisasi pada spesifikasi awal *linear* berbeda dengan hasil pengukuran yang didapatkan yaitu *elips*. Jenis polarisasi tersebut dapat ditentukan berdasarkan axial ratio dari hasil pengukuran yaitu polarisasi elips axial ratio nya adalah $1 < AR < \infty$, polarisasi sirkular = 1 dan axial ratio untuk polarisasi linier adalah $= \infty$.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi antenna mikrostrip square spiral dengan menggunakan defected ground structure adalah sebagai berikut:

1. Antena mikrostrip *square spiral* dengan menggunakan DGS (*Defected Ground Structure*) berdasarkan hasil pengukuran yang bekerja pada frekuensi 924 MHz yang memiliki nilai VSWR 1,502 dengan bandwidth 37 MHz, polarisasi elips dan polaradiasi *omnidirectional*.
2. Gain yang didapatkan dari hasil pengukuran adalah sebesar -10,11 dBi lebih besar dari hasil simulasi yaitu -12,89 dBi.
3. Groundplane pada antenna sangat berpengaruh terhadap nilai VSWR, semakin tinggi groundplane maka akan semakin besar juga nilai VSWR yang didapatkan dan juga berlaku sebaliknya.
4. Berdasarkan hasil pengukuran, dengan penggunaan DGS (*Defected Ground Structure*) dapat mempengaruhi nilai bandwidth pada antenna.
5. Perubahan dimensi patch dan DGS (*Defected Ground Structure*) mempengaruhi performansi kerja dari antenna.

5.2 Saran

Dalam perancangan dan realisasi antenna terdapat beberapa penyimpangan terhadap karakteristik yang telah ditentukan. Untuk mendapatkan performansi antenna yang lebih baik, terdapat beberapa hal yang bias dijadikan saran sebagai pengembangan kedepannya, antara lain:

1. Pabrikasi antenna dengan menggunakan DGS yang memiliki dimensi yang kecil memerlukan tingkat ketelitian yang lebih tinggi.
2. Pengaturan software pada proses simulasi
3. Pemasangan dan penyolderan konektor dilakukan lebih teliti agar tidak mempengaruhi nilai impedansi terminal.

4. Nilai permitivitas relative bahan substrat yang digunakan pada saat simulasi dan pabrikan antenna harus sama sehingga tidak terjadi pergeseran frekuensi yang dapat mempengaruhi nilai parameter antenna (VSWR), Return Loss, *Gain*, Pola radiasi, dan Polarisasi) pada frekuensi kerja yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fitriyana, Nuril. 2014. "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Rectangular Monopole Spiral Dengan Substrat Alumina Pada UHF Untuk RFID Tag". Bandung : Universitas Telkom
- [2] Koamesa, S. 2014. "Perancangan Dan Realisasi Antena Fleksibel UHF Dengan Substrat Polycarbonate Dengan Metode Sputtering Untuk RFID Tag". Bandung: Universitas Telkom.
- [3] Simamora Tommy. 2013. "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Rectangular Pada Uhf (860-960 Mhz) Dengan Dgs (Defected Ground Structure) Bentuk Oktagonal Untuk Aplikasi Rfid (Radio Frequency Identification)". Bandung: Universitas Telkom
- [4] M.J. Uddin, M.I. Ibrahimy, M.B.I. Reaz, A.N. Nordin, "Design and Application of Radio Frequency Identification Systems", *Department of Electrical, Electronic and Systems Engineering Universiti Kebangsaan Malaysia*, 2016.
- [5] K. Finkelzeller, *The RFID Handbook*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 2003.
- [6] Davinder Parkash, Twinkle Kundu, Preet Kaur, "The Rfid Technology And Its Applications: A Review", *International Journal of Electronics, Communication & Instrumentation Engineering Research and Development (IJEIERD)* ISSN 2249-684X Vol.2, Issue 3 Sep 2012.
- [7] Fatima Riouch, Abdellah Najid1, Abdelwahed Tribak1, "Design of a Compact Dual-band Microstrip RFID Reader Antenna". *International Journal of Microwave And Optical Technology*, Vol.11, No.2, March 2016.
- [8] Balanis, C.A. 2005. *Antenna Theory Analysis and Design Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc. pp. 811-812.
- [9] Kamran Ahsan, "RFID Components, Applications and System Integration with Healthcare Perspective". Federal Urdu University of Arts, Science and Technology, 20march 2015.
- [10] Ms.Dhanashri S. Salgare, Mrs. Shamala R. Mahadik, "A Review of Defected Ground Structure for Microstrip Antennas", *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, ETC, SBGI, Maharashtra, India, Sep-2015.
- [11] Debatosh Guha, Sujoy Biswas, and Chandrakanta Kumar, "Printed Antenna Designs Using Defected Ground Structures: A Review of Fundamentals and State-of-the-Art Developments", *Institute of Radio Physics and Electronics, University of Calcutta, Kolkata, India*, april 2014.
- [12] Mukesh Kumar Khandelwal, Binod Kumar Kanaujia, and Sachin Kumar, "Defected Ground Structure: Fundamentals, Analysis, and Applications in Modern Wireless Trends", *Hindawi International Journal of Antennas and Propagation* Volume 2017, Article ID 2018527, 22 pages.
- [13] Arjun Kumar, M.V. Kartikeyan, "Design and realization of microstrip filters with new defected ground structure (DGS)", *Department of Electronics and Communication Engineering, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee 247667, India, Engineering Science and Technology, International Journal*, October 2016
- [14] Sushim Mukul Roy, Nemai C. Karmakar, Isaac Balbin, "Dumbbell-Shaped Defected Ground Structure", *Department of Electrical and Computer Systems Engineering, Monash University, Clayton Campus, VIC 3800 Australia* Received 5 August 2005; accepted 4 April 2006.