

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP MONOPOLE PATCH PERSEGI SPIRAL DENGAN SUBSTRAT FR-4 UNTUK APLIKASI PEMBACA RFID PADA BAND UHF

DESIGN AND REALIZATION OF SPIRAL SQUARE MONOPOLE PATCH MICROSTRIP ANTENNA WITH FR-4 SUBSTRATE FOR UHF BAND RFID READER APPLICATION

Vista Agus Sria Warman¹, Radial Anwar, S.Si.,M.Sc.,Ph.D², Dr.Ir.Yuyu Wahyu, M.T³

^{1,2}Fakultas Ilmu Terapan – Universitas Telkom

³Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung

Jalan Telekomunikasi No. 1 Dayeuhkolot Bandung 40257 Indonesia

¹beivagsva@gmail.com, ²radialanwar@tass.telkomuniversity.ac.id, ³yuyu@ppet.lipi.go.id

ABSTRAK

Radio Frequency Identification (RFID) adalah istilah umum untuk 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. kini *RFID* banyak dipakai diberbagai bidang seperti perusahaan, di pusat perbelanjaan, rumah sakit bahkan digunakan sebagai identitas dalam perkuliahan. Terdapat dua komponen penting pada *RFID* antenna yaitu *reader RFID* dan antenna *tag RFID*. Antena yang dirancang pada proyek akhir ini adalah berupa antenna *tag RFID* pada frekuensi tengah yaitu 924 MHz di range frekuensi 923-925 MHz dengan spesifikasi *gain* lebih dari 2,5 dBi dan *bandwidth* 2 MHz. Proyek akhir ini bertujuan untuk membuat antenna yang berukuran kecil dan praktis, maka antenna yang dirancang adalah antenna mikrostrip dengan bahan substrat fr-4 epoxy dengan ketebalan 1,6 mm dan permitivitas relatif 4,6 serta *patch* yang berbentuk *square monopole spiral*.

Dalam perancangan ini diperoleh antenna RFID tag dengan ukuran $2,5 \times 1,6$ cm, pada frekuensi kerja UHF di 924 MHz didapatkan VSWR sebesar 1,107, bandwidth 24,609 MHz, pola radiasi omnidirectional gain -12 dBi dan polarisasi ellipsis.

Kata kunci: antenna mikrostrip, antenna RFID, RFID tag, *square monopole spiral patch*

ABSTRACT

Radio Frequency Identification (RFID) is a generic term for the technology that use radio waves automatically to identify people or objects. This RFID Technology is can be identified without use of cables. If it had previously known use of the barcode, the identification process is done by touching. RFID offers completing superiority of the barcode. Nowadays, RFID commonly uses in the several sectors such as in the factory, department store, hospital, evenmore it is used for identity of university lecturer. There are two important components of RFID. There are reader antenna RFID and tag RFID. this antenna is designed in this Final Project at the center frekuensi of 924 MHz, the Frequency range 923-925 MHz with specificity gain greater than 2,5 dBi and 2 MHz Bandwidth. In designing This Final Project aims to make small and practical in use, designed antenna is microstrip antenna with Substrate fr-4 Epoxy material with a thickness of 1.6 mm and ϵ_r 4.6 and Square Monopole Spiral patch of Microstrip Antenna.

In this design the RFID tag antenna with size of $2,5 \times 1,6$ cm, at UHF working in frequency at 924 MHz obtained VSWR equal to 1,107, bandwidth of 24,609 MHz, omnidirectional radiation pattern, gain -12 dBi and the polarization ellipsis.

Keywords: microstrip antenna, RFID antenna, RFID tags, *square monopole spiral patch*

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi mengalami perubahan yang signifikan cepatnya. Seperti antena dari tahun ke tahun mengalami perkembangan yang cukup pesat dengan mengedepankan ukuran yang lebih kecil sesuai dengan kemajuan perangkat komunikasi. Salah satu contoh pengembangan antena itu sendiri adalah berupa RFID. RFID (*Radio Frequency Identification*) 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 yang biasanya kita gunakan untuk mengisi saldo di TimeZone dan juga saat mengambil uang di ATM. RFID ini menawarkan keunggulan sebagai bentuk penyempurnaan dari penggunaan barcode sebelumnya. Kini RFID banyak dipakai diberbagai bidang seperti perusahaan, di pusat perbelanjaan, rumah sakit bahkan digunakan sebagai identitas dalam perkuliahan.

RFID (*Radio Frequency Identification*) adalah istilah umum untuk teknologi yang menggunakan gelombang radio secara otomatis untuk mengidentifikasi orang atau benda. Antena memungkinkan chip untuk mengirimkan informasi identifikasi kepada pembaca, selanjutnya pembaca mengubah gelombang radio dipantulkan kembali dari tag RFID menjadi informasi digital yang kemudian dapat diteruskan ke komputer yang dapat memanfaatkannya. Antena adalah suatu bagian yang tidak dapat dipisahkan dari suatu sistem komunikasi *wireless* atau nirkabel. Oleh karena itu dibutuhkan suatu antena yang mempunyai bentuk fisik yang *suitable*, mudah dipabrikasi serta memiliki performa tinggi untuk diaplikasikan pada perangkat telekomunikasi nirkabel yang ada. Antena mikrostrip merupakan jawaban dari permasalahan diatas. Mikrostrip merupakan salah satu jenis antena dengan dimensi yang kecil, hal itu menjadi salah satu keuntungan dari antena mikrostrip itu sendiri, bahan yang relatif sederhana, biaya produksi yang relatif murah sehingga mampu mendukung performansi yang baik untuk aplikasi RFID.

Pada tugas akhir ini juga telah dirancang antena mikrostrip dengan substrat Fr-4 yang berbentuk *square monopole spiral* pada frekuensi kerja 924 MHz sesuai dengan regulasi frekuensi RFID di Indonesia yang berdasar pada "Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi Depkominfo telah mengatur alokasi frekuensi 923-925 MHz untuk penggunaan identifikasi objek fisik melalui radio frequency identification (RFID)"^[3]. Perangkat RFID akan berkomunikasi jika bekerja pada frekuensi yang sama. Sejalan dengan karakteristik frekuensi

yang berbeda-beda dan kebutuhan atau kondisi lapangan yang bervariasi. maka dalam penerapan RFID itu sendiri pada rentang Ultra High Frequency (UHF) frekuensinya adalah diantara 898 sampai dengan 956 MHz.

2. Antena mikrostrip *square monopole spiral patch* untuk RFID Tag

Antena mikrostrip mengalami peningkatan popularitas terutama dalam aplikasi *wireless* karena strukturnya yang *low profile*. Selain itu, antena mikrostrip juga kompatibel dan dapat diintegrasikan langsung dengan sirkuit utamanya, seperti pada *handphone* dan peralatan lainnya. antena mikrostrip *square monopole spiral* memiliki karakteristik yaitu dapat mendapatkan ukuran antena yang lebih kecil.

Antena yang dirancang mempunyai jenis mikrostrip dengan bentuk persegi sama sisi atau *square*. Untuk mencari dimensi antena mikrostrip harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan yaitu seperti dielektrik substrat (h), konstanta dielektrik (ϵ_r), tebal konduktor (t) dan rugi-rugi bahan. Pemilihan frekuensi yang lebih besar akan memperkecil dimensi antena mikrostrip. Dengan mengatur lebar dari antena mikrostrip (w) impedansi input juga akan berubah. Pendekatan yang digunakan pada perancangan antena mikrostrip didapat dari persamaan sebagai berikut,

1. Menentukan panjang gelombang^[11]

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{924 \times 10^6} = 326 \text{ mm}$$

Panjang gelombang dielektrik

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{326}{2.057} = 155,46 \text{ mm} \quad (1)$$

2. Dimensi *Groundplane*

Groundplane berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. Pada antena mikrostrip jika menggunakan full *groundplane* maka akan menghasilkan pola radiasi *unidirectional*.

3. Menentukan jumlah lilitan, mencari lebar (w_1) dan jarak (s_1) pada antena *spiral*, awalnya menggunakan persamaan $S = W = \frac{r_2 - r_1}{4 \times N}$, Persamaan ini didapat dari percobaan yang dilakukan oleh Ali Muhram & dkk dengan judul "Perancangan dan Realisasi antena spiral ultra wideband 0.5 – 18 Ghz untuk Pendeteksi Radar"^[5], yang telah dilakukan sebelumnya namun dengan kondisi *bandwidth* yang lebar. Sehingga pada design kali ini tidak menggunakan persamaan tersebut karena design yang dirancang kali ini mempunyai *bandwidth* yang sempit.

4. Pencatu mikrostrip line

Pada perancangan kali ini menggunakan metode pencatutan mikrostrip line. Dengan menggunakan impedansi (Z_0) sebesar 50Ω .

- Lebar Stripline (w)^[11]

$$Wf = \frac{2h}{\pi} [B - 1 - \ln(2B - 1)] + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\}$$

$$= 2,9443 \text{ mm} \quad (2)$$

Sebelum menentukan panjang saluran utama mikrostrip line periksa dahulu perbandingan lebar saluran pencatu mikrostrip terhadap tebal substrat (w/h)^[11]

$$\epsilon_r \text{ relatif} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right] =$$

$$0.0672 \text{ mm} \quad (3)$$

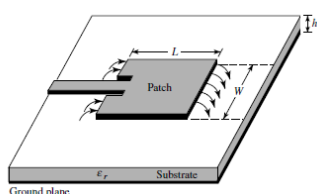
Lalu menentukan panjang *feedline* (l)

$$l = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{151.43}{4} = 37,8575 \text{ mm} \quad (4)$$

menentukan nilai dari w_1 dan s_1 pada antena *spiral* didapatkan berdasarkan optimalisasi terbaik. Dari optimalisasi terbaik didapatkan nilai $w_1 = 1$ dan $s_1 = 0,78$.

Teknik Pencatutan Mikrostrip

Pemakaian *patch* pada antena mikrostrip dapat diberikan saluran dengan berbagai metode. Metode ini dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori yaitu kontak langsung dan tidak kontak langsung. Dalam kategori kontak langsung, daya *RF* disalurkan langsung ke *patch* menggunakan elemen penyambung seperti mikrostrip *line*. Teknik pencatutan yang digunakan pada perancangan kali ini adalah **mikrostrip line feed**. Dapat dilihat pada Gambar 1 antena mikrostrip adalah suatu antena yang terbuat dari konduktor yang menempel pada suatu dielektrik dan pada bagian bawahnya terdapat *groundplane*, atau pada umumnya dicetak pada PCB (Printed Circuit Board).



Gambar 1. pencatutan *Microstrip line feed*^[8]

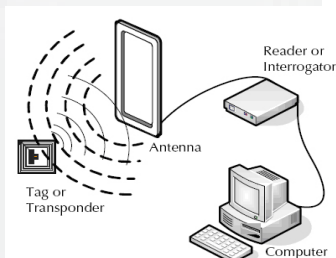
Radio Frequency Identification (RFID) atau identifikasi frekuensi radio adalah sebuah metode identifikasi dengan menggunakan sarana yang disebut label RFID atau transponder untuk menyimpan dan mengambil data jarak jauh. Label

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.

Teknologi RFID menjadi jawaban atas berbagai kelemahan yang dimiliki teknologi *barcode* yaitu selain karena hanya bisa diidentifikasi dengan cara mendekatkan *barcode* tersebut ke sebuah *reader*, juga karena mempunyai kapasitas penyimpanan data yang sangat terbatas dan tidak bisa diprogram ulang sehingga menyulitkan untuk menyimpan dan memperbaharui data dalam jumlah besar untuk sebuah item. Salah satu solusi menarik yang kemudian muncul adalah menyimpan data tersebut pada suatu silikon chip, teknologi inilah yang dikenal dengan RFID. Kontak antara RFID tag dengan *reader* tidak dilakukan secara langsung atau mekanik melainkan dengan pengiriman gelombang elektromagnetik.

Teknologi RFID didasarkan pada prinsip kerja gelombang elektromagnetik. Dapat dilihat pada gambar 2 dengan prinsip kerjanya^[5] 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 antena menerima pancaran gelombang elektromagnetik dari *reader antenna (interrogator)*. RFID reader ini yang sekaligus akan meneruskan informasi pada aplikasi server.



Gambar 2. Sistem RFID

3. Perancangan

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

Tabel 1. Spesifikasi teknik antena^[3]

Frekuensi	923 MHz – 925 MHz
Bandwidth	2 MHz
Pola Radiasi	Omnidireksional
Polarisasi	Linier
VSWR	< 2
Gain	≥ 2,5 dBi

Setelah penentuan spesifikasi, selanjutnya melakukan perhitungan secara matematis, dan dilakukan optimasi dimensi antena untuk mendapatkan spesifikasi antena yang diinginkan. Parameter-parameter pembentuk dimensi antena pada saat simulasi di tunjukan pada tabel 2.

Tabel 2. Dimensi antena

PARAMETER	Nilai
Jumlah Putaran (N)	Optimalisasi
Lebar Line (W_1)	Optimalisasi
Jarak Line (S_1)	Optimalisasi
Tebal Patch (T_p)	0,035 mm
Tebal Substrat (T_s)	1,6 mm
Panjang : <i>Stripline/feedline</i> (1)	37,85 mm
Lebar <i>Stripline/feedline</i> (w)	2,9435 mm
Tinggi <i>groundplane</i> (gp)	Optimalisasi

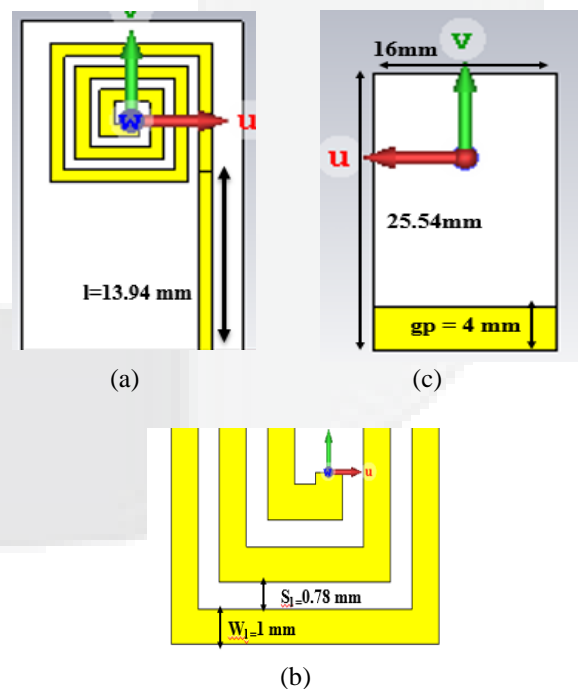
Jika hanya parameter pada tabel 2 saja yang diinputkan pada simulator maka design yang terbentuk pada simulator tersebut tidaklah lengkap. Karena jika ingin membuat design *square spiral* secara utuh tentunya harus ada parameter pembentuk seperti jumlah putaran , lebar *spiral* dan jarak antar *spiral* tersebut agar berbentuk *square*. Untuk mencari parameter pembentuk design adalah dengan dilakukannya optimisasi terhadap parameter jumlah putaran, w_1 (lebar line), s_1 (jarak line), dan *groundplane* pada parameter tersebut.

Setelah melakukan optimisasi terhadap parameter-parameter pembentuk design maka akan didapatkan hasil optimalisasi parameter-parameter terbaik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter hasil optimalisasi terbaik

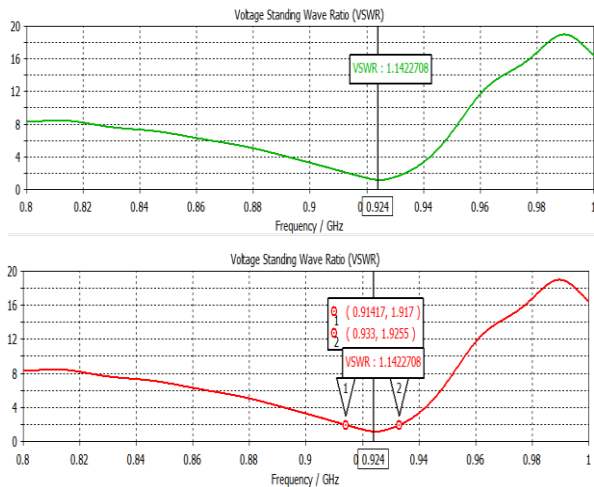
PARAMETER	Nilai
Jumlah Putaran (N)	3 putaran
Lebar Line (W_1)	1 mm
Jarak Line (S_1)	0,78 mm
Tebal Patch (T_p)	0,035 mm
Tebal Substrat (T_s)	1,6 mm
Panjang : <i>Stripline/feedline</i> (1)	13,94 mm
Lebar <i>Stripline/feedline</i> (w)	2,9435 mm
Tinggi <i>groundplane</i> (gp)	4 mm

Setelah mendapatkan nilai parameter-parameter antena lalu inputkan nilai pada software simulator agar design dapat terbentuk. Gambar 3 memperlihatkan design antena dari hasil optimalisasi maksimum.

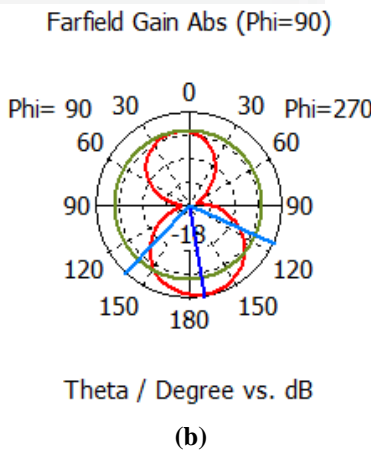
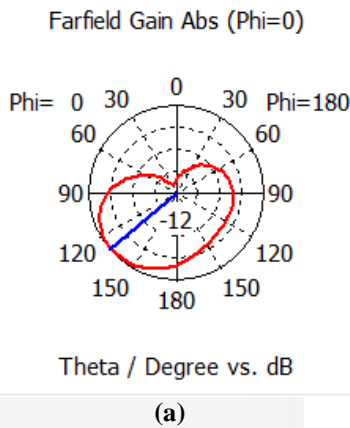


Gambar 3. (a) design antena tampak depan (b) design antena tampak tengah (c) design antena tampak belakang antena

hasil simulasi, pada gambar 4 menunjukkan *bandwidth* dengan spesifikasi $VSWR \leq 2$ sebesar 18,83 MHz dan nilai $VSWR$ pada frekuensi tengah 924 MHz yaitu 1,142.

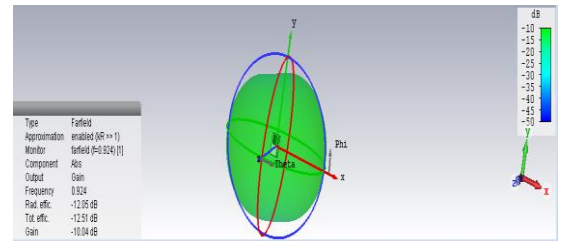


Gambar 4. Grafik VSWR hasil simulasi



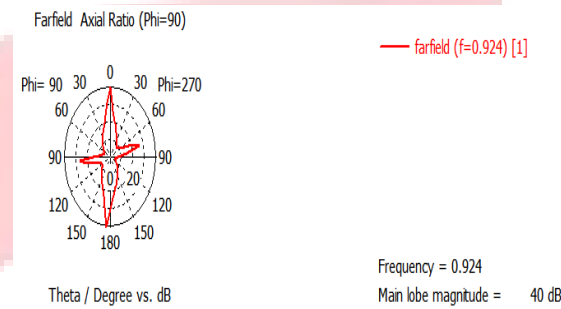
Gambar 5. (a) Pola radiasi azimuth (b) Pola radiasi elevasi

Dari gambar 5 menunjukkan bahwa pola radiasi yang dihasilkan adalah *bidirectional*.

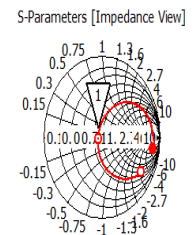
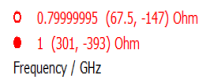


Gambar 6. Gain antenna hasil optimalisasi optimum

Dari gambar 6 diatas menunjukkan bahwa *gain* maksimum yang dihasilkan dari optimalisasi terbaik adalah sebesar -10,04 dB. Dimana hasil optimalisasi optimum ini sangat jauh sekali dari spesifikasi yang diinginkan.



(a)



(b)

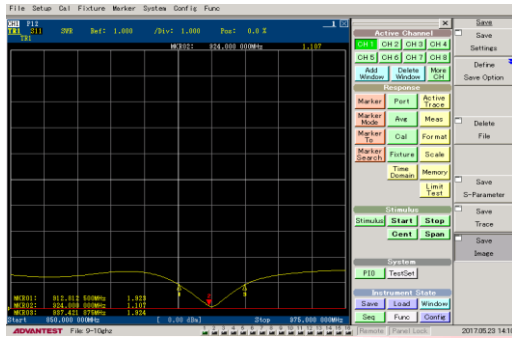
Gambar 7 Grafik Hasil Simulasi (a) Polarisasi Linier (b) Impedansi

Dari gambar 7 menunjukkan polarisasi yang dihasilkan saat simulasi sebesar 40 dB, hal ini menunjukkan bahwa polarisasi bersifat linier. Impedansi hasil simulasi pada frekuensi 924 MHz yaitu 43,973-j1,36 Ω .

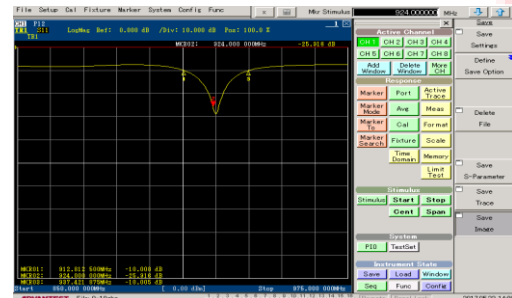
Setelah dihasilkan hasil simulasi yang telah sesuai dengan spesifikasi antenna, langkah selanjutnya yaitu pabriikasi.

4. VERIFIKASI HASIL, PENGUKURAN, DAN ANALISIS

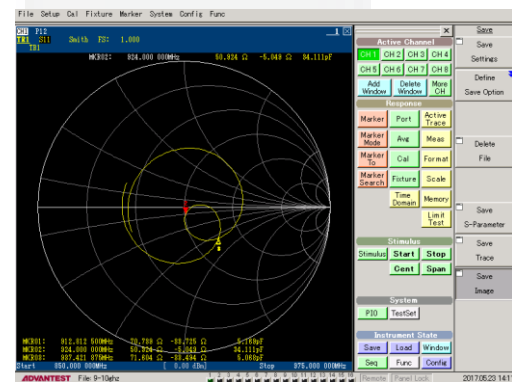
Setelah pabrikan maka selanjutnya adalah melakukan pengukuran. Dalam proses pengukuran antenna dilakukan di LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia). Berikut merupakan hasil pengukuran medan dekat pada antenna mikrostrip *square monopole spiral patch* :



(a)



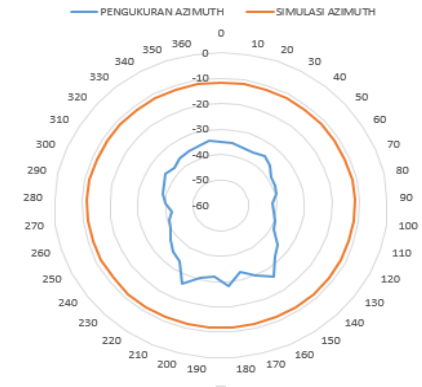
(b)



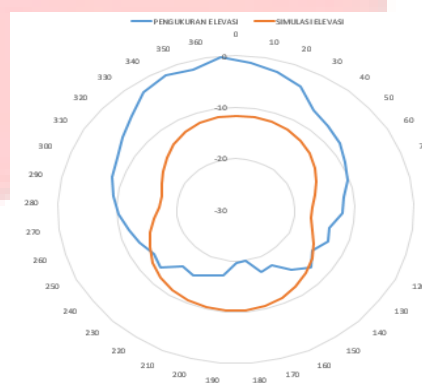
(c)

Gambar 8. Hasil Pengukuran Medan Dekat (a) VSWR Frekuensi kerja ≤ 2 (b) *return loss* (c) Impedansi

Hasil pengukuran medan dekat dapat dilihat pada gambar 8. Pada gambar 8a menunjukkan hasil pengukuran VSWR. VSWR pada frekuensi 924 MHz bernilai 1,107, gambar 8b menunjukkan hasil pengukuran *return loss* pada frekuensi kerja antenna sebesar -25,915 dB dan pada gambar 8c memperlihatkan nilai impedansi pada frekuensi kerja 924 Mhz yang bernilai 50,92-j5,04 Ω .

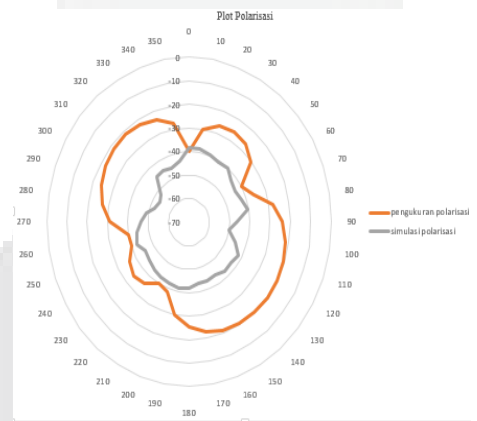


(a)



(b)

Gambar 9. (a) hasil pengukuran dan simulasi azimuth (b) hasil pengukuran dan simulasi elevasi



Gambar 10. Hasil polarisasi pada pengukuran dan simulasi

Tabel 4. Hasil pengukuran daya terima untuk pengukuran *gain*

Pengukuran	Antena uji (dBm)	Referensi (dBm)
1	-45,05	-20,36
2	-46,02	-20,72
3	-48,6	-20,45

4	-46,21	-22,61
5	-45,71	-21,65
6	-45,21	-23,43
7	-46,34	-21,48
8	-46,31	-21,39
9	-45,61	-22,51
10	-44,21	-24,49
Daya Terima Rata-rata	-45,927	-21,909

Hasil pengukuran gain:

$$\begin{aligned}
 G_{\text{AUT(dBi)}} &= P_{\text{AUT(dBm)}} - P_{\text{REF(dBm)}} + 12 \text{ dBi} \\
 &= -45,927 \text{ dBm} - (-21,909 \text{ dBm}) + 12 \text{ dBi} \\
 &= -12 \text{ dBi}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran medan jauh dapat dilihat pada gambar 9, 10 dan Tabel 4. Pada gambar 9a menunjukkan grafik hasil pengukuran dan simulasi azimuth, gambar 9b memperlihatkan hasil pengukuran dan simulasi elevasi. Level daya terima pengukuran polarisasi, pada simulasi didapatkan polarisasi linier sedangkan pada pengukuran didapatkan polarisasi elips. Tabel 4 menunjukkan level daya terima pengukuran *gain*. Dalam perhitungannya menggunakan metode perbandingan dua antenna. Dengan antenna *horn* sebagai antenna *transmitter* yang memiliki nilai *gain* 12 dBi. Pada frekuensi 924 MHz, maka diperoleh nilai *gain* pada antenna mikrostrip *square monopole spiral patch* adalah -12 dBi.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan pengukuran antenna mikrostrip *square patch monopole spiral* adalah sebagai berikut:

1. Nilai VSWR yang didapatkan pada frekuensi kerja di 924 MHz adalah sebesar 1,107 dengan spesifikasi awal yaitu ≤ 2 memiliki *bandwidth* sebesar 24,609 MHz
2. Pada perancangan dan realisasi antenna mikrostrip *square patch monopole spiral* pada frekuensi kerja di 924 MHz dengan substrat fr-4 epoxy mendapatkan ukuran sekecil 25,54 x 16 mm
3. *Groundplane* sendiri sangat berpengaruh terhadap nilai *return loss*, semakin kecilnya tinggi *groundplane* maka akan semakin kecil juga nilai *return loss* yang didapatkan (baik)

4. Penggunaan *square patch monopole spiral* pada antenna mikrostrip yang dirancang dapat memperkecil ukuran antenna
5. Polarisasi dengan spesifikasi awal yaitu linier dan pola radiasi yang dihasilkan adalah *bidirectional* mendekati *omnidirectional*
6. Kekurangan pada proyek akhir ini adalah *gain* yang dihasilkan bernilai negatif pada simulasi dan pengukuran dimana hasil tersebut jauh dari kata sempurna
7. belum dapat dilakukannya pengukuran pada sistem RFID secara langsung.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan performansi antenna yang lebih baik, maka ada beberapa hal yang bisa dijadikan saran untuk perkembangan kedepannya, antara lain:

1. Untuk mendapatkan hasil antenna mikrostrip yang lebih baik, disarankan untuk memilih bahan substrat secara selektif yang akan digunakan pada perancangan dimensi antenna, karena pemilihan bahan substrat ini sangat berpengaruh sekali terhadap performansi suatu antenna dan nilai *gain*.
2. Selain dengan memilih bahan substrat agar antenna mikrostrip bekerja dengan baik, faktor lain seperti ketelitian pemasangan konektor dengan antenna juga harus diperhatikan.
3. Dalam proses pabrikan antenna juga tak lupa memperhatikan kepresisian agar hasilnya tidak jauh berbeda antara simulasi dengan pengukuran
4. Pada perancangan antenna mikrostrip *square patch monopole spiral* Untuk RFID juga harus menyesuaikan antara ukuran antenna dengan aplikasi RFID sistem
5. Pengaruh penggunaan substrat fr-4 epoxy dalam perancangan antenna kali ini sangat besar karena dengan bahan substrat fr-4 epoxy pada frekuensi kerja 924 MHz menghasilkan *gain* bernilai negatif. Pada penelitian lebih lanjut bisa dicoba menggunakan bahan substrat yang mempunyai nilai *er* yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhran, Ali. 2014. *Perancangan Dan Realisasi Antena Spiral Ultra Wideband 0.5 – 18 Ghz Untuk Pendeteksi Radar*. Bandung : Karya Ilmiah-Skripsi (S1).
- [2] Dickson Kho.2014. *Pengertian Antena dan Parameter Karakteristiknya*. Bandung : Dickson Kho.
- [3] www.rfidindonesia.com/Frequently_Asked_Questions/RFID_Reference/Frekuensi_untuk_RFID_perdagangan_dialogasikan.
- [4] Dwi Prasetya, Yudha. "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Multi-Band dengan kombinasi Patch

Berbentuk C dan Bentuk Spiral untuk Aplikasi pembaca RFID". Skripsi untuk gelar sarjana Strata-1 pada Universitas Indonesia. Depok : 2010.

- [5] Muhram, A., Prasetya, B., & Wahyu, Y. "Perancangan Dan Realisasi Antena Spiral Ultra Wideband 0.5 – 18 Ghz Untuk Pendeteksi Radar". Tugas Akhir gelar sarjana Strata-1 pada Universitas Telkom. Bandung :2014.
- [6] NN. (n.d.). Retrieved Agustus 31, 2013, from Skema Elektronik Terbaru: <http://hillmanskemaelektronikterbaru.blogspot.com/p/operation-of-rfidsystems.html>
- [7] NN. (n.d.). Retrieved Agustus 31, 2008, RFID (Radio Frequency Identification): <http://www.solper.com/pic/48-Vol-2b.pdf>
- [8] Constantine A. Balanis ,” Antenna Theory Analysis And Design”, New Jersey John Willey & Sons, Inc,2005.
- [9] 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.
- [10] Zhang, X., Han, Y., Li, W., & Duan, X.2014. "A Rectangular Planar Spiral Antenna for GIS Partial Discharge Detection". Hindawi Publishing Corporation International Journal of Antennas and Propagation Volume 2014, Article ID 985697, 7 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/985697>
- [11] Fitriyana, Nuril, "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Rectangular Monopole Spiral Dengan Substrat Alumina Pada UHF Untuk RFID Tag". Bandung: Telkom University, 2014.