

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP *MEANDER LINE* PADA BAND UHF UNTUK APLIKASI PEMBACA RFID

Design and Realization of Microstrip Meander Line Antenna on UHF Band for RFID Reader Application

As'ad Muhammad Nashrullah¹, Bambang Setia Nugroho², Yuyu Wahyu³

^{1,2}S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University

³Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung

¹asad.munash@gmail.com, ²bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id, ³yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

RFID (*Radio Frequency Identification*) dapat mendeteksi dan mengidentifikasi objek tanpa menggunakan kabel (*wireless*) dengan jarak lebih jauh. Pada sistem RFID dilengkapi antena agar dapat menangkap sinyal yang berisi informasi produk tertentu, dan selanjutnya diproses ke server sistem. Kemampuan antena dalam menangkap sinyal adalah salah satu parameter penting agar menjadi sistem RFID yang baik. Perancangan dilakukan pada band frekuensi UHF (*Ultra High Frequency*), karena memiliki kecepatan lebih tinggi dan dapat membaca jumlah tag yang lebih banyak (*bulk reading*). Pada tugas akhir ini, dilakukan perancangan dan realisasi antena mikrostrip yang berbentuk *meander line* sebagai pembaca RFID dengan substrat FR-4. Band frekuensi yang digunakan adalah band UHF (923 – 925) MHz. Rentang tersebut berdasarkan pada regulasi frekuensi di Indonesia untuk aplikasi RFID yang dikeluarkan oleh Menteri Komunikasi dan Informatika Indonesia pada Peraturan Nomor 34 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Alat Dan Perangkat Telekomunikasi Jarak Dekat. Hasil perancangan antena ini memiliki ukuran substrat 120,85 mm x 37,5 mm. Pada frekuensi kerja 924 MHz didapatkan VSWR sebesar 1,363, bandwidth 21,659 MHz, pola radiasi bidireksional, gain -3,59 dB dan polarisasi ellips.

Kata Kunci: Antena, antena mikrostrip, *meander line*, RFID, UHF.

Abstract

RFID (*Radio Frequency Identification*) can detect and identify objects without using a cable (*wireless*) with a longer distance. The RFID system has an antenna so that it can capture signals that contain certain product information, and then process it to the system server. The antenna's ability to capture signals is one of the important parameters in order to become a good RFID system. The design is carried out on the UHF (*Ultra High Frequency*) frequency band, because it has higher speed and can read more number of tags (*bulk reading*). In this final project, a meander line shaped microstrip antenna is designed and realized as an RFID reader with FR-4 substrate. The frequency band used is the UHF (923 - 925) MHz band. The range is based on frequency regulation in Indonesia for RFID applications issued by the Indonesian Minister of Communication and Informatics in Regulation No. 34 of 2012 concerning Technical Requirements of Near-Distance Telecommunication Tools and Equipment. The results of this antenna design have substrate size of 120.85 mm x 37.5 mm. At 924 MHz working frequency, the VSWR is 1.363, the bandwidth is 21.659 MHz, the radiation pattern is bidirectional, the gain is -3.59 dBi and the polarization of the ellipse.

Keywords: Antenna, microstrip antenna, meander line, RFID, UHF.

1. Pendahuluan

RFID (*Radio Frequency Identification*) dapat mendeteksi dan mengidentifikasi objek tanpa menggunakan kabel (*wireless*) [1]. Sebelumnya telah dikenal *barcode* dimana proses deteksinya dilakukan secara bersentuhan, dan RFID ini muncul sebagai bentuk perkembangan. Salah satu contoh teknologi RFID yang sedang berkembang adalah *smart store* atau toko pintar. Jika pada toko konvensional pada umumnya, pekerja melakukan pengecekan barang dengan manual seperti menghitung barang yang masuk-keluar rak dan jumlah barang yang tersedia pada rak. Tentu saja pekerjaan tersebut memerlukan waktu dan ketelitian yang tinggi. Oleh karena itu, muncul gagasan dengan munculnya teknologi *smart store*. Toko tersebut dilengkapi dengan berbagai macam teknologi dan salah satu teknologi pendukung adalah RFID. Pada sistem RFID dilengkapi antena agar dapat menangkap sinyal yang berisi informasi produk tertentu, dan selanjutnya diproses ke server sistem. Kemampuan antena dalam menangkap sinyal adalah salah satu parameter penting agar menjadi sistem RFID yang baik [2].

Penggunaan band frekuensi UHF (*Ultra High Frequency*) pada antena RFID menarik perhatian berbagai peneliti karena memiliki kecepatan lebih tinggi dan dapat dapat membaca jumlah tag yang lebih banyak (*bulk reading*) dibanding band yang lebih rendah seperti HF (*High Frequency*) dan LF (*Low Frequency*). Sedangkan band yang lebih tinggi dari UHF, tidak digunakan untuk menghindari interferensi dengan sinyal-sinyal teknologi terbaru lainnya. Frekuensi RFID pada band UHF umumnya berada pada rentang (860 – 960) MHz [3] [4].

Pada artikel yang berjudul "*Considering High-Performance Near-Field Reader Antennas*" [4], menjelaskan beberapa jenis bentuk antena RFID yang umumnya sudah dirancang oleh beberapa peneliti sebelumnya. Bentuk yang pertama adalah antena *single* dan *multiturn solid-line loop*. Bentuk ini yang paling sering digunakan untuk

RFID pada band HF karena kemampuannya untuk menghasilkan medan magnet yang kuat. Kekurangannya, untuk penggunaan pada band UHF membutuhkan ukuran yang besar. Bentuk kedua adalah *leaky transmission-line antenna*. Antena jenis ini dapat dibuat dengan beban yang match atau resistif, yang dapat divariasikan untuk mengontrol jumlah energi dari sinyal yang dipantulkan. Berbagai bentuk telah dibuat seperti mikrostrip garis, CPS (*Coplanar Strip*) dan CPW (*Coplanar Waveguide*). Secara umum bentuk ini memiliki radiasi jarak jauh (*far-field*) yang terbatas dan gain yang rendah. Hal ini menyebabkan sensitifitas untuk mendeteksi benda berkurang. Bentuk lainnya adalah *reconfigurable antenna*. Akhir-akhir ini, reconfigurable antenna banyak diusulkan dan didesain dengan menambahkan berbagai media seperti plasma, RF switch, dan varactor dioda. Pada sistem RFID jarak dekat dapat dibuat untuk berbagai skenario seperti sifat material objek, bentuk, dan ukuran yang berbeda. Meskipun begitu, antena ini mudah sekali berubah pada daerah deteksi (*interrogation area*, kuat medan, dan *field decay rate*). Beberapa rancangan dapat meningkatkan jumlah *read rate* yang signifikan.

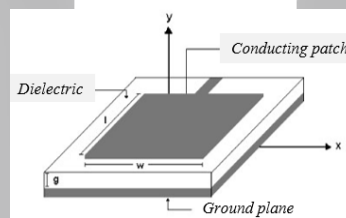
Pada tugas akhir ini, dilakukan perancangan dan realisasi antena mikrostrip yang berbentuk garis berkelok-kelok (*meander line*) sebagai pembaca RFID dengan substrat FR-4. Bentuk *meander line* termasuk pada kategori bentuk *leaky transmission-line antenna*. Bentuk ini dipilih karena memiliki bentuk yang unik, fleksibel dan jarak baca rendah untuk meminimalisasi terjadinya interferensi sinyal. Band frekuensi yang digunakan adalah band UHF (923 – 925) MHz. Rentang tersebut berdasarkan pada regulasi frekuensi di Indonesia untuk aplikasi RFID yang dikeluarkan oleh Menteri Komunikasi dan Informatika Indonesia pada Peraturan Nomor 34 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Alat Dan Perangkat Telekomunikasi Jarak Dekat[5].

2. Dasar Teori

2.1. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis antena yang mempunyai bentuk seperti bilah/potongan yang mempunyai ukuran sangat tipis/kecil. Antena mikrostrip sendiri memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan [6], diantaranya adalah memiliki bentuk penampang yang tipis, massa yang ringan, mudah dalam proses pembuatannya, harga yang murah, dapat beroperasi pada *single*, *dual*, maupun *multi band*. Adapun kekurangan antena mikrostrip diantaranya *gain* antena yang kecil, *bandwidth* yang sempit, efisiensi kerja antena yang kurang maksimal, membutuhkan substrat antena dengan bahan yang berkualitas baik (mahal), dan rentan terhadap gelombang permukaan (*surface wave*) [6].

Untuk menentukan dimensi lebar dan panjang antena, terlebih dahulu harus menentukan parameter bahan yang digunakan yaitu tebal dielektrik (h), konstanta dielektrik (ϵ_r), tebal konduktor (t) dan rugi-rugi bahan [6].



Gambar 1 Struktur Antena Mikrosotrip [6]

Antena mikrostrip tersusun atas tiga bagian, yaitu:

- Conducting patch*: lapisan atas yang terbuat dari logam konduktor seperti tembaga atau emas dan mempunyai bentuk yang bermacam-macam.
- Substrat dielektrik: lapisan tengah substrat yang berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan menuju daerah dibawah patch. Bagian ini menggunakan bahan dielektrik dengan permitivitas relatif tertentu sesuai dengan kebutuhan perancangan.
- Ground plane*: lapisan paling bawah dari substrat biasanya terbuat dari bahan konduktor yang berfungsi memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

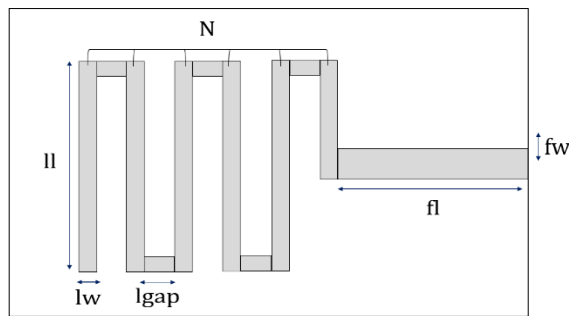
2.2. Antena Meander Line

Antena mikrostrip dengan bentuk *meander line* menjadi populer untuk diteliti karena memiliki parameter yang berbeda dengan bentuk *patch* lainnya. Antena *meander line* dapat terbentuk dari *line* monopole atau dipol [4]. Ide dari bentuk ini adalah membengkokkan *line* tersebut agar memiliki dimensi lebih pendek [8]. Biasanya antena ini menghasilkan multiband dengan *bandwidth* sempit dengan nilai gain rendah [2] [3] [4] [8] [9] [10], bahkan bernilai minus sehingga bentuk ini memiliki efisiensi cukup rendah. Meskipun begitu, nilai gain tersebut dimanfaatkan oleh beberapa peneliti untuk membuat antena dengan jarak baca pendek [2] [3] [11].

2.2.1. Menentukan ukuran dan jumlah line

Antena *meander line* yang dibuat berupa monopole namun ditekukan. Parameter pada bentuk antena *meander line* ditunjukkan pada gambar 3.2. Ukuran lebar, panjang dan jumlah *line* ditentukan dari beberapa

percobaan simulasi *software* terhadap ukuran yang berbeda. Setelah itu hasil dari simulasi-simulasi tersebut di bandingkan untuk mendapatkan ukuran parameter yang optimal.



l_w	= lebar line,
l_l	= panjang line,
l_{gap}	= jarak antar line,
N	= jumlah line,
f_w	= lebar feeder,
f_l	= panjang feeder

Gambar 2 Rancangan Antena *Meander Line*

2.2.2. Pencatuan

Ada beberapa teknik pencatuan yang dapat dilakukan pada antenna. Teknik pencatuan yang digunakan pada antenna jenis mikrostrip menggunakan teknik pencatuan *microstrip line*. Teknik ini merupakan suatu teknik dengan cara menghubungkan *line* pencatu dengan *patch* secara langsung pada substrat yang sama. Impedansi yang digunakan (Z_0) sebesar 50Ω yang disepadankan.

a. Menghitung panjang *feeder* [6]

Menentukan nilai dari panjang *feeder* (W_f) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$l_f = d \times \lambda_g \quad (1)$$

nilai λ_g dan λ_0 dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (3)$$

nilai ϵ_{eff} dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12 \times h}{w}}} \right] \quad (4)$$

nilai W dapat dihitung dengan persamaan:

$$W \approx \frac{\lambda_0}{2} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (5)$$

b. lebar *feeder* [6]

Menentukan nilai dari lebar *feeder* (W_f) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$W_f = \frac{2 \times h}{\pi} (B - 1 - \ln(2B - 1)) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \quad (6)$$

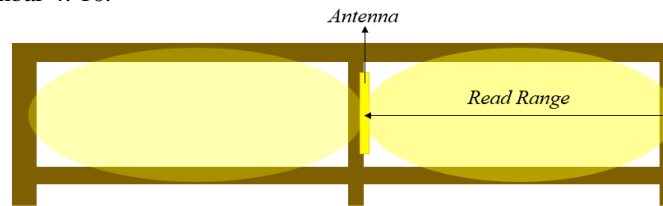
Nilai B dapat dihitung dengan persamaan:

$$B = \frac{377 \times \pi}{2 \times Z_0 \times \sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

2.3. RFID

Radio Frequency Identification (RFID) adalah sebuah metode identifikasi dengan menggunakan label RFID atau transponder untuk menyimpan dan mengambil data jarak jauh. Label RFID dapat dipasang pada sebuah produk, hewan atau bahkan manusia dengan tujuan untuk identifikasi menggunakan gelombang radio [1]. Secara garis besar, suatu sistem RFID secara utuh terdiri atas 3 komponen yaitu: *tag* RFID, *terminal Reader* RFID (terdiri atas RFID-*reader* dan antenna), dan komputer.

Pada penelitian ini, belum dapat dilakukan pengukuran pada sistem RFID secara langsung. Jika ingin diimplementasikan pada sistem sesungguhnya, antenna ini dapat dipasang pada rak dengan posisi menyamping seperti ilustrasi pada gambar 4. 10.



Gambar 16 Ilustrasi Jika Diimplementasikan

2.3.1. Alokasi Frekuensi RFID

Alokasi frekuensi kerja RFID terletak pada band frekuensi ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) yang diperuntukan untuk keperluan Industri, Penelitian dan Medis. Frekuensi kerja RFID dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Alokasi Frekuensi RFID [1]

	LF	HF	UHF	Active
Frequency	125 – 134.2 KHz	13.56 MHz	850 – 960 MHz	100 KHz – 2.45GHz
Range	0.2 – 2m	Up to 1m	Up to 3m	Up to 100m
Cost	Typ. 3 GBP	(Typ. 0.50 GBP)	(Typ. 0.30 GBP)	(Typ. 20 GBP)
Memory	Typ. 64 bits	Typ. 2048 bits	Typ. 96 bits	Typ. 32 bits
Penetration of Materials	V. Good	Good	Poor	V. Good
Data Rate	Slow	Fast	Fast	Fast
Reader Cost	50 – 500 GBP	50 – 3000 GBP	1000- 3000 GBP	200-600 GBP
Read Multiple Tags	Poor	Good	Very Good	Good
Applications	Animal Tags, Vehicle Immobilisers, Industrial Applications	Item Tracking, Access Control, Smart Labels	Box and Pallet tracking, Some Item Tracking	Industrial Applications, Asset Tagging, Location Systems

3. Perancangan dan Simulasi

3.1. Spesifikasi Antena

Antena yang dirancang adalah antena mikrostrip *meander line* dengan spesifikasi:

Frekuensi kerja	: 924 MHz
Bandwidth	: ≥ 2 MHz
VSWR	: ≤ 2
Return Loss	: ≤ -10 dB
Gain	: ≥ 0 dBi
Pola Radiasi	: omnidireksional

3.2. Perancangan Antena

Dimensi antena pada tahap perancangan mempengaruhi karakteristik dari antena yang akan direalisasikan. Frekuensi kerja yang diinginkan akan menentukan ukuran fisik dimensi antena. Pendekatan yang digunakan pada perancangan dimensi antena adalah sebagai berikut.

1. Dimensi Feeder

a. Panjang Feeder

Menentukan nilai dari panjang feeder (W_f) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Nilai λ_g dan λ_0 dapat dihitung dengan persamaan (2) dan (3). Nilai ϵ_{eff} dapat dihitung dengan persamaan (4). Untuk menentukan nilai tersebut perlu menghitung nilai W berdasarkan persamaan (5) dengan mensubstitusikan nilai ϵ_{eff} pada persamaan (2), maka akan diperoleh nilai $\lambda_g = 153,9686$. Kemudian λ_g disubstitusikan pada persamaan (1), sehingga nilai $l_f = 38,492$ mm.

b. Lebar Feeder

Menentukan nilai dari lebar feeder (W_f) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6). Untuk menghitung nilai ini perlu menentukan parameter B dengan persamaan (7). Dengan mensubstitusikan nilai B pada persamaan (2.6), maka diperoleh nilai $w_f = 2,945$ mm.

2. Dimensi Substrat

Panjang substrat ditentukan dengan persamaan:

$$l_s = l_f + (N \times w_f) + ((N-1) \times l_g) + \text{gap sisi}$$

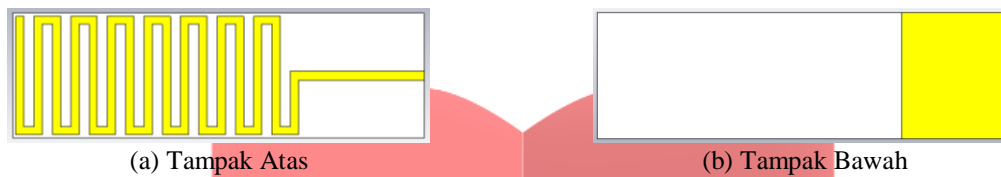
$$w_s = l_1 + 2 \times \text{gap sisi}$$

3. Dimensi groundplane

Ukuran groundplane diperoleh dengan cara optimalisasi. Untuk ukuran awal groundplane diambil 10% dari panjang substrat.

3.3. Perancangan pada Software

Perancangan pada software simulator ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Rancangan Antena pada simulator

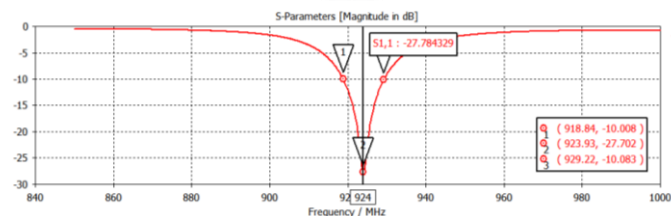
Untuk mendapatkan rancangan yang utuh maka dilakukan optimalisasi untuk mencari nilai parameter jumlah line, lebar line, jarak line, dan ukuran groundplane. Sebagai acuan awal, nilai parameter-parameter line menyesuaikan dengan panjang dan lebar feeder terlebih dahulu. Berdasarkan tabel 2, ukuran substrat hasil optimalisasi lebih kecil dibandingkan dengan ukuran awal.

Tabel 2 Dimensi Antena Setelah Optimalisasi

Parameter	Sebelum Optimalisasi	Setelah Optimalisasi
Panjang feeder	38,492 mm	38,492 mm
Lebar feeder	2,945 mm	2,945 mm
Panjang line	38,492 mm	35.5 mm
Lebar line	2,945 mm	2,23 mm
Jarak antar line	2,945 mm	3,04 mm
Jumlah line	-	16
Panjang groundplane	13,078 mm	33.492 mm
Lebar groundplane	40,492 mm	37.5 mm
Panjang substrat	130,787 mm	120.85 mm
Lebar substrat	40,492 mm	37.5 mm
Tebal patch	0,035 mm	0.0035 mm
Tebal substrat	1,6 mm	1,6 mm

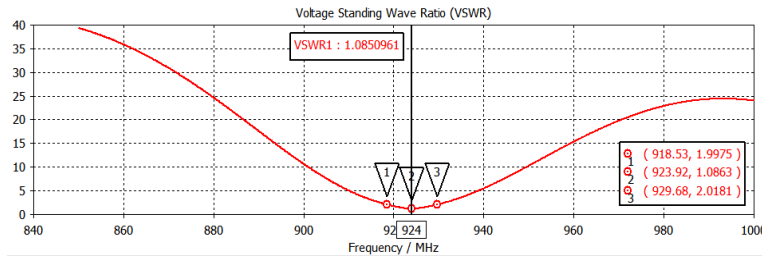
3.4. Hasil Simulasi

Gambar 4 memperlihatkan hasil simulasi parameter return loss pada frekuensi 924 MHz bernilai -27, 784 dB.



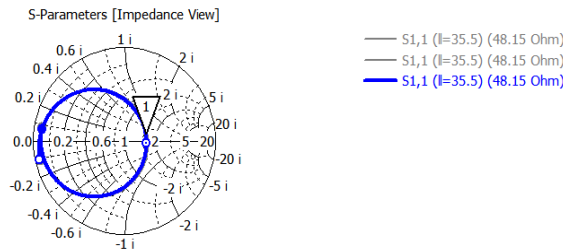
Gambar 4 Hasil Simulasi Return Loss

Gambar 5 memperlihatkan hasil simulasi VSWR pada frekuensi 924 MHz bernilai 1,086. Sedangkan rentang frekuensi yang memiliki nilai VSWR dengan nilai dibawah 2 adalah (918,53 - 939,68) MHz. Dari rentang frekuensi tersebut didapat nilai bandwidth yaitu sebesar 11.15 MHz.



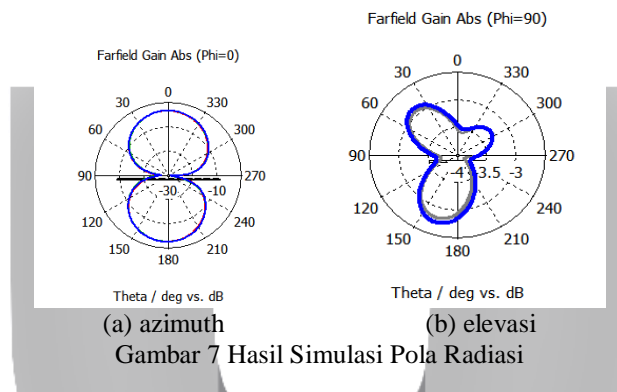
Gambar 5 Hasil Simulasi VSWR

Gambar 6 memperlihatkan hasil simulasi impedansi antenna sebesar 48,15 Ω. Nilai tersebut mendekati impedansi yang diinginkan yaitu 50 Ω.



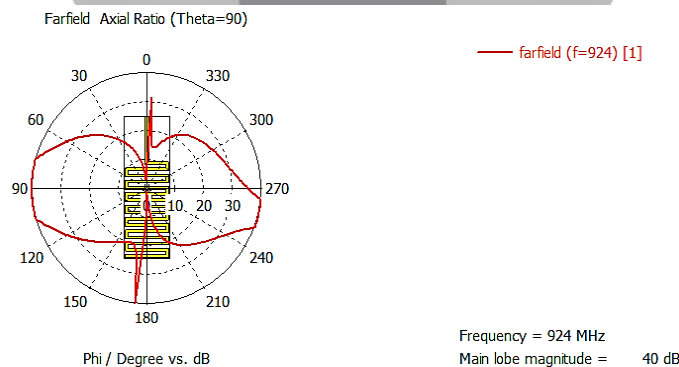
Gambar 6 Hasil Simulasi Impedansi

Gambar 7 memperlihatkan hasil simulasi pola radiasi dan dapat disimpulkan dari pola nya memiliki pola bidireksional



Gambar 7 Hasil Simulasi Pola Radiasi

Gambar 8 memperlihatkan polarisasi antenna hasil simulasi. Axial ratio yang dihasilkan adalah 40 dB. Dapat disimpulkan polarisasi antenna adalah linier.



Gambar 8 Hasil Simulasi Polarisasi

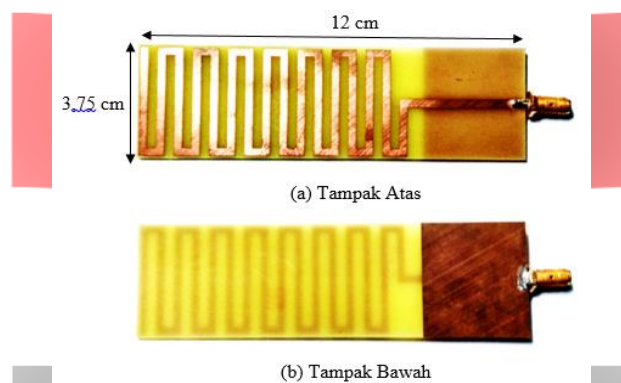
Gambar 9 memperlihatkan gain antenna hasil simulasi sebesar -2,717 dB. Nilai gain tersebut bernilai negatif karena memiliki efesiensi radiasi -5,608 dB atau 0.2749 (27, 49%).

Type	Farfield	Type	Farfield
Approximation	enabled (kR >> 1)	Approximation	enabled (kR >> 1)
Monitor	farfield (f=924) [1]	Monitor	farfield (f=924) [1]
Component	Abs	Component	Abs
Output	Directivity	Output	Gain
Frequency	924 MHz	Frequency	924 MHz
Rad. eff.	0.2749	Rad. eff.	-5.608 dB
Tot. eff.	0.2570	Tot. eff.	-5.901 dB
Dir.	1.945	Gain	-2.717 dB

Gambar 9 Hasil Simulasi Gain

3.5. Pabrikasi

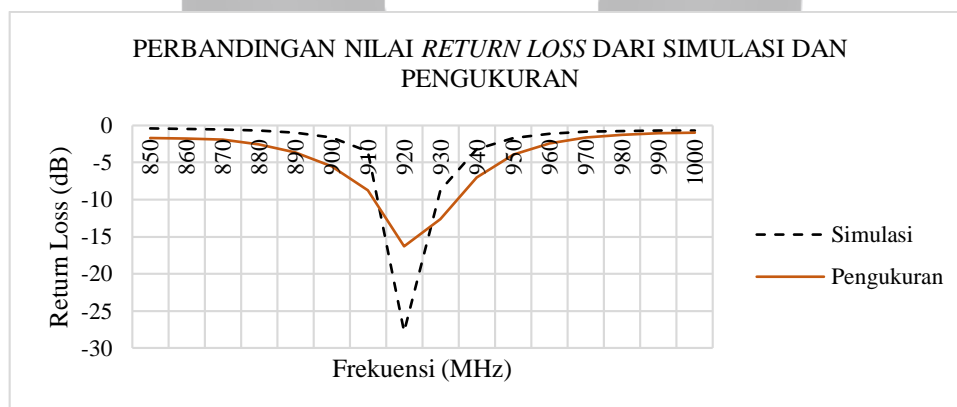
Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, optimalisasi berhasil menghasilkan antenna yang memiliki VSWR ≤ 2 dan *return loss* ≤ -10 pada frekuensi 924 MHz. Setelah hasil simulasi memenuhi spesifikasi yang diharapkan, tahap selanjutnya adalah pabrikasi atau percetakan. Proses pabrikasi dilakukan oleh perusahaan yang menyediakan jasa percetakan agar antenna yang dicetak memiliki hasil lebih presisi. Proses pabrikasi dilakukan di Spectra, Bandung.



Gambar 10 Antena Hasil Pabrikasi

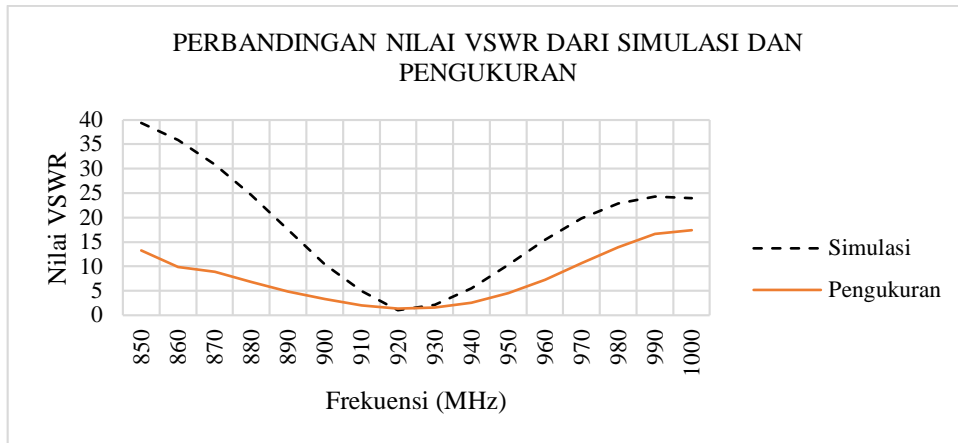
4. Pengukuran dan Analisis

Gambar 11 memperlihatkan hasil pengukuran parameter *return loss*. Nilai *return loss* yang didapat hasil pengukuran pada frekuensi 924 MHz adalah -16,262 dB. Kesalahan pabrikasi dan ukuran *groundplane* dapat mempengaruhi kestabilan sinyal, pergeseran frekuensi, serta menghasilkan *return loss* yang kurang baik yang terbaca pada *network analyzer*.



Gambar 11 Return Loss Hasil Pengukuran

Gambar 12 memperlihatkan hasil pengukuran parameter VSWR. Nilai VSWR yang didapat pada frekuensi 924 MHz adalah 1,363. Sedangkan rentang frekuensi yang memiliki nilai VSWR dengan nilai dibawah 2 adalah 912,174 hingga 933, 833.



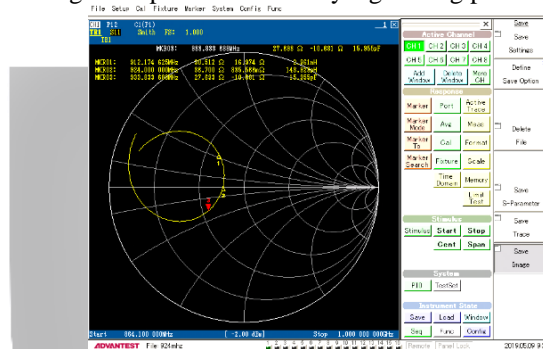
Gambar 12 VSWR Hasil Pengukuran

Dari rentang frekuensi tersebut didapat nilai bandwidth yaitu sebesar 21,659 MHz dan besar persentase impedance bandwidth adalah:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \% \tag{10}$$

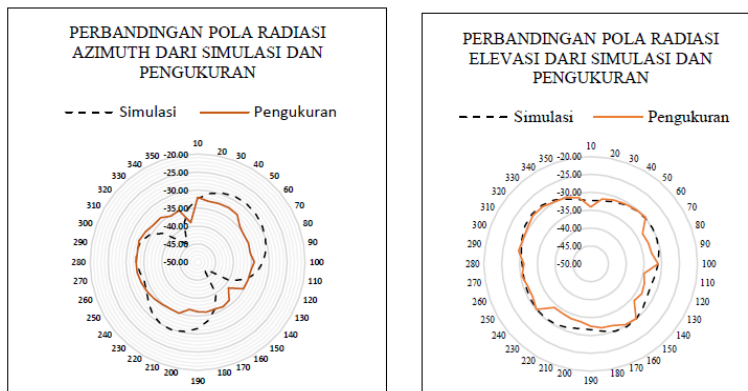
$$BW = \frac{933,833 \times 10^6 - 912,174 \times 10^6}{924 \times 10^6} \times 100 \% = 2,344 \%$$

Gambar 13 memperlihatkan hasil pengukuran impedansi antenna. Nilai impedansi yang didapatkan sebesar 36,7 Ω + 836,566 mΩ. Nilai tersebut kurang mendekati impedansi yang diinginkan yaitu 50 Ω. Kekurangan dari nilai impedansi ini dilatarbelakangi oleh pabrikasi antenna yang kurang presisi dan penggunaan konektor bekas.



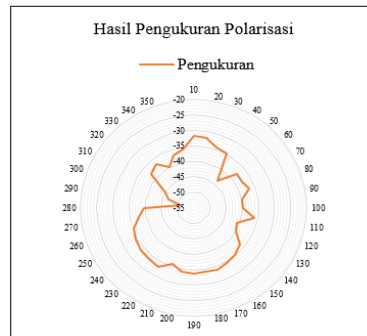
Gambar 13 Impedansi Hasil Pengukuran

Gambar 14 adalah perbandingan hasil simulasi dan pengukuran pola radiasi. Pola yang terbentuk tidak jauh berbeda meskipun nilai daya yang terbaca pada saat pengukuran lebih kecil. Dapat disimpulkan dari pola nya memiliki pola radiasi bidireksional.



Gambar 14 Pola Radiasi Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran polarisasi dari simulasi dan pengukuran dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15 Polarisasi Hasil Pengukuran

Dari pengukuran menghasilkan daya terima maksimum (sumbu mayor) sebesar $-31,71$ dBm atau sebesar $6,75 \times 10^{-4}$ mW dan daya terima minimum (sumbu minor) sebesar $-50,85$ dBm atau sebesar 8×10^{-6} mW. Dari nilai tersebut dapat dihasilkan nilai *axial ratio* sebagai berikut:

$$\text{Axial Ratio} = \frac{E_{\text{mayor}}}{E_{\text{minor}}} \quad (11)$$

$$\text{Axial Ratio} = E_{\text{mayor}} (\text{dB}) - E_{\text{minor}} (\text{dB}) = -31,71 - (-50,85) = 19,14 \text{ dB}$$

Dari hasil perhitungan, nilai *axial ratio* berada diantara 3 dB dan 40 dB. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran ini adalah polarisasi bentuk elips.

Tabel 3 Hasil pengukuran daya terima untuk pengukuran gain

Pengukuran ke-	Daya terima pada AUT (dBm)	Daya terima pada Antena Referensi (dBm)
1	-32,07	-22,1
2	-32,56	-22,33
3	-32,71	-22,83
4	-31,85	-22,27
5	-31,9	-22,74
Rata-rata	-32,218	-22,454

$$G_{\text{AUT(dBi)}} = P_{\text{AUT(dBm)}} - P_{\text{REF(dBm)}} + G_{\text{REF(dBi)}} \quad (12)$$

$$G_{\text{AUT(dBi)}} = -32,218 \text{ dBm} - (-22,454) \text{ dBm} + 6,5 \text{ dBi}$$

$$G_{\text{AUT(dBi)}} = -3,264 \text{ dB}$$

Berdasarkan tabel *Gain* antenna hasil dari pengukuran sebesar $-3,264$ dB. Nilai *gain* tersebut tidak lebih baik dari hasil simulasi tetapi cukup mendekati yang memiliki nilai sebesar $-2,717$ dB.

4.1. Perbandingan Hasil Simulasi dan Realisasi

Tabel 4 Perbandingan hasil simulasi dan realisasi

Parameter	Spesifikasi Awal	Simulasi	Realisasi
Frekuensi Kerja	924 MHz	924 MHz	924 MHz
VSWR	≤ 2	1,0863	1,363
Bandwidth	2 MHz	11.15 MHz	21,659 MHz
Return loss	-10 dB	-27,784 dB	-16,262
Impedansi	50 Ω	48,15 Ω	36,7 Ω + j836,566 m Ω .
Pola radiasi	Omnidireksional	Bidireksional	Bidireksional
Polarisasi	Linier	Linier	Elips
Gain	≥ 0 dBi	-2.717 dB	-3,264 dB

Dari hasil perbandingan yang ditunjukkan pada table, dapat disimpulkan bahwa antenna *meander line* hasil realisasi menghasilkan beberapa parameter yang sudah cukup mendekati spesifikasi awal yang diinginkan. Penambahan perangkat pendukung seperti *filter* juga diperlukan untuk meredam sinyal yang tidak diinginkan. Selain itu, ukuran dan jarak baca antenna perlu disesuaikan dengan ukuran rak yang ada dipasaran.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari proses perancangan dan realisasi antenna *meander line* pada band UHF sebagai pembaca RFID adalah sebagai berikut:

- Substrat yang digunakan adalah FR-4 epoxy dengan ukuran 120,85 mm x 37,5 mm.

- 6 Perubahan ukuran *groundplane* tidak terlalu berpengaruh pada besar *bandwidth* tetapi berpengaruh terhadap nilai *return loss*, frekuensi dan kestabilan sinyal. Semakin besar panjang *groundplane*, frekuensi kerja semakin tinggi, *return loss* semakin besar (kurang baik) tetapi sinyal yang terukur pada *network analyzer* semakin stabil.
- 7 Nilai VSWR hasil realisasi pada frekuensi kerja 924 MHz sebesar 1,363 dengan bandwidth 21,659 MHz.
- 8 Spesifikasi pola radiasi hasil simulasi dan realisasi sesuai dengan spesifikasi awal yaitu omnidireksional.
- 9 Spesifikasi polarisasi awal yang diinginkan dan hasil simulasi adalah linier, sedangkan hasil realisasi adalah elips.
- 10 *Gain* hasil realisasi dihasilkan bersifat negatif yaitu sebesar -2,717 dB. Nilai minus tersebut dipengaruhi oleh efisiensi antenna yang rendah.
- 11 Belum dapat dilakukan pengukuran pada sistem RFID secara langsung.

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa dijadikan untuk perkembangan berikutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik lagi adalah sebagai berikut,

- 1 Disarankan mencari bahan substrat secara selektif dengan spesifikasi perancangan yang diinginkan. Kesesuaian bahan substrat yang tepat sangat berpengaruh pada hasil simulasi maupun pengukuran pada parameter antenna seperti nilai *gain*.
- 2 Kepresisian pada saat pabrikan sangat berpengaruh pada hasil pengukuran. Kesalahan yang terjadi dapat mengakibatkan pergeseran frekuensi dan menghasilkan parameter antenna yang tidak maksimal.
- 3 Bentuk antenna *meander line* merupakan salah satu bentuk antenna yang cukup fleksibel. Diharapkan kedepannya dapat membuat bentuk antenna yang lebih kompleks seperti melakukan perubahan ukuran menjadi lebih besar atau lebih kecil (miniaturisasi). Selain itu, *meander line* juga bisa digabung dengan bentuk *patch* antenna mikrostrip lain seperti *patch* persegi.
- 4 Menyesuaikan ukuran dan jarak baca antenna dengan ukuran rak yang ada dipasaran.

Daftar Pustaka

- [1] S. Iyer, *RFID: Technology and Applications*, Bombay: IIT Bombay, 2005.
- [2] S. R. R. Augustine, "CPW fed Antenna for Nearfield Sensor Applications," *IEEE*, 2018.
- [3] A. Michael, "Design and Performance Analysis of a Microstrip Antenna for Near-Field UHF-RFID Desktop Readers," in *APMC*, Kaohsiung, Taiwan, 2012.
- [4] A. Michael, dkk "Considering High-Performance Near-Field Reader Antennas," *IEEE Antennas & Propagation Magazine*, pp. 14-26, 2018.
- [5] Pemerintah Indonesia, "Peraturan Nomor 34 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Alat Dan Perangkat Telekomunikasi Jarak Dekat (Short Range Device).", Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, Jakarta, 2012.
- [6] D.G.Fang, *Antenna Theory and Microstrip Antennas*, Boca Raton, FL: Taylor and Francis Group, 2010.
- [7] M. Ma and K. Deng, "The Study and Implementation of Meander-Line Antenna for an Integrated Tranceiver Design," University of Gavle, Gavle, Sweden, 2010.
- [8] A. E. Hamroui, E. H. Abdelmounim and J. Zbitou, "A New Compact CPW-Fed Dual-Band Monopole Antenna for RFID Applications," *IEEE*, 2016.
- [9] X. Liu, Y. Li, Y. Zhao and L. Zhao, "Crosstalk Reduction Design and Analysis of the Planar Meander Transmission Lines," in *International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)*, Busan, 2018.
- [10] F. Molaee-Ghaleh and K. Mohammadpour-Aghdam, "Wideband Tunable Meander-Line Loaded Antenna with Dual-mode Capabilty in V/UHF Frequencies," in *Asia Pacific Microwave Conference*, 2017.
- [11] S. Zhang, J. Ouyang, Y. Yan, L. Zhuang and J. Guo, "A Novel Meander Line RFID Reader Antenna for UHF Near-Field Applications," in *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio*, Boston, 2018.