

PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP DENGAN POLARISASI MELINGKAR MENGGUNAKAN METODE SPIRAL LABYRINTH PADA APLIKASI UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) SYNTHETIC-APERTURE RADAR (SAR) FREKUENSI L-BAND

Eldado Khrisna Putra ¹, Dr. Fannush Shofi Akbar, S.ST ¹, and Risdilah Mimma Untsa, S.ST., M.T ¹

Correspondence: eldado.khrisna@student.ittelkom-sby.ac.id

Abstrak: UAV atau Unmanned aerial vehicle merupakan teknologi terkini dimana pesawat dapat dikendalikan tanpa pengemudi di dalamnya. Teknologi ini sering digunakan untuk observasi dan perencanaan taktis. Salah satu alat yang sering digunakan untuk melakukan observasi adalah Synthetic-aperture radar (SAR). UAV yang dilengkapi dengan SAR sangat membantu dalam kegiatan penanggulangan bencana. Hal ini karena SAR dapat melakukan observasi di tempat yang tertutupi kabut, awan, asap, dan bahkan kanopi hutan yang lebat. Akan tetapi, antenna SAR pada umumnya memiliki jenis polarisasi linier dan untuk membuat sinyal yang memiliki polarisasi melingkar dibutuhkan dua antenna polarisasi linier. Metode yang dipakai ini cukup rumit, oleh karena itu dibutuhkan sebuah antenna yang memiliki polarisasi melingkar untuk memberikan alternatif lain pada SAR UAV. Maka dari itu penelitian ini akan merancang antenna mikrostrip patch yang memiliki polarisasi melingkar dengan metode spiral labyrinth. Metode spiral labyrinth digunakan agar antenna dapat menghasilkan polarisasi melingkar. Antenna tersebut akan digunakan pada frekuensi L-band dengan rentang frekuensi mulai dari 1.27 sampai 1.5 Ghz dengan frekuensi tengah 1.38 Ghz. perancangan yang dilakukan, teknik spiral labyrinth menghasilkan polarisasi elips dengan gain sebesar 0.7 dBi, Return Loss -9.53 dB, dan VSWR 1.89 dB.

Kata Kunci: (Mikrostrip, Polarisasi Melingkar, SAR, Spiral Labyrinth, dan UAV)

MICROSTRIP ANTENNA DESIGN WITH CIRCULAR POLARIZATION USING SPIRAL LABYRINTH IN L-BAND FREQUENCY FOR SYNTHETIC-APERTURE RADAR (SAR) UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) APPLICATION

Abstract: UAV or Unmanned aerial vehicle is the latest technology an aircraft can be controlled without a driver in it. This technology is often used for observation and tactical planning. One tool that is used to make observations is Synthetic-aperture radar (SAR). UAV with SAR is very helpful in disaster management activities. This is because SAR can make observations in places covered with fog, clouds, smoke, and even dense forest canopy. However, SAR antennas generally have a linear polarization type and to create a signal that has a circular polarization two linear polarized antennas are needed. The method used is complicated, therefore an antenna that has circular polarization is needed to provide another alternative for UAV SAR. Therefore, this research will design a microstrip patch antenna that has circular polarization using the spiral labyrinth method. The spiral labyrinth method is used so that the antenna can produce a circular polarization. The antenna will be used at L-band frequencies with a frequency range from 1.27 to 1.5 GHz with a

center frequency of 1.38 GHz. In the design carried out, the spiral labyrinth technique produces an elliptical polarization with a gain of 0.7 dBi, Return Loss -9.53 dB, and VSWR 1.89 dB.

Keywords: (Microstrip, Circular Polarization, SAR, Spiral Labyrinth and UAV)

1. Pendahuluan

Di era saat ini, banyak teknologi yang menggunakan fitur dimana pengendara tidak perlu berada di dalam kendaraan untuk mengemudikannya. Salah satu yang menggunakan fitur ini adalah UAV atau Unmanned Aerial Vehicle. Kegunaan dari UAV ini sendiri beragam, yaitu bisa digunakan untuk observasi suatu daerah yang susah atau tidak mampu untuk dijangkau oleh manusia dan untuk perencanaan taktis oleh militer. Dalam penggunaan UAV dalam bidang observasi baik untuk studi atau untuk penanggulangan bencana alam, pesawat perlu dilengkapi dengan teknologi yang mampu digunakan untuk membantunya dalam melakukan tugasnya. Salah satu opsinya adalah Synthetic-Aperture Radar atau SAR. SAR dapat melakukan observasi di daerah yang tertutupi kabut, awan, asap, dan bahkan kanopi hutan yang lebat. Oleh karena ini, UAV dan SAR saling membantu dalam melakukan observasi.

Untuk mendukung kemampuan observasi tersebut, maka diperlukan sebuah antena yang memiliki polarisasi melingkar. Hal ini karena antena pada SAR umumnya memiliki polarisasi linier dan jika antena yang diperlukan antena dengan polarisasi melingkar, biasanya akan digunakan dua antena polarisasi linier untuk menghasilkannya. Sebuah Circular Polarized-Synthetic Aperture Radar atau CP-SAR membutuhkan polarisasi melingkar agar dapat melakukan remote sensing. Gambar yang diperoleh dari CP-SAR memiliki kualitas yang lebih baik daripada gambar yang diperoleh dari SAR yang memiliki polarisasi linier. Hal ini dikarenakan data / gambar yang diperoleh memiliki noise lebih rendah karena tidak adanya masalah depolarisasi dari perjumpaan propagasi di SAR yang terpolarisasi linier.

Salah satu jenis antena yang banyak digunakan pada aplikasi SAR adalah antena mikrostrip, karena mudah diintegrasikan pada UAV. Namun karena antena mikrostrip konvensional mempunyai jenis polarisasi linier [1], maka dibutuhkan optimasi untuk merubah polarisasinya menjadi circular. Pada penelitian ini akan dirancang antena mikrostrip dengan bentuk spiral labyrinth pada frekuensi L-band yang digunakan di aplikasi SAR UAV. Antena ini diletakan pada UAV agar dapat memudahkannya dalam melakukan remote sensing, sehingga mudah untuk dilakukan pemetaan daerah-daerah yang tidak mudah untuk dijangkau manusia. SAR UAV dengan jenis antena mikrostrip polarisasi circular data/gambar yang diperoleh dapat mencakup daerah yang luas karena antena bergerak dalam melakukan mapping dengan kualitas data/gambar yang bagus karena jenis polarisasi yang dimiliki oleh antena.

Pada perancangan antena SAR, beberapa parameter yang menjadi fokus adalah Polarisasi melingkar, VSWR, return loss, dan gain. Antena yang akan direalisasikan ini merupakan antena mikrostrip patch yang memiliki polarisasi sirkular dengan bahan material substrate yang digunakan adalah FR4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) 4.4. Antena SAR ini digunakan pada frekuensi L-band dengan rentang frekuensi mulai dari 1.27 sampai 1.5 Ghz dengan frekuensi tengah 1.38 Ghz. Metode pencatutan yang digunakan adalah mikrostrip line.

2. Tinjauan Pustaka

1) Unmanned Aerial Vehicle

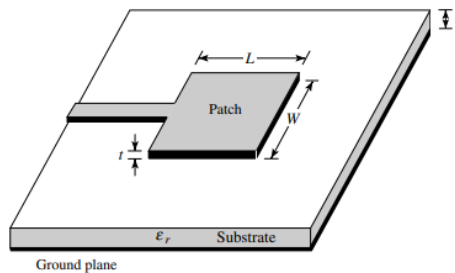
Sebuah unmanned aerial vehicle ('UAV') adalah pesawat tanpa operator manusia dan biasanya disebut sebagai 'drone'. Pesawat ini mampu dikendalikan atau dioperasikan dari jarak jauh atau, dalam kasus UAV dalam segi militer, sebagai pesawat tempur tak berawak. Berlawanan dengan pesawat konvensional, UAV selain dapat dikendalikan baik dari jarak jauh oleh operator manusia juga bisa dipandu oleh program komputer dengan berbagai tingkat otomatisasi.

2) Synthetic Aperture Radar

SAR atau Synthetic Aperture Radar merupakan salah satu instrumen utama dalam melakukan pengamatan jarak jauh dari platform yang bergerak. Jenis sensor yang digunakan merupakan sensor radar aktif yang bekerja di gelombang mikro. Alat ini banyak digunakan karena menyediakan resolusi spasial jauh lebih baik daripada yang dicapai dengan teknik radar yang konvensional. Hal ini memungkinkan untuk menghasilkan gambar dari permukaan bumi yang memiliki kualitas yang dapat dibandingkan dengan gambar dari sensor optik.

3) Antena Mikrostrip

Antena Mikrostrip terbuat dari strip logam yang tipis yang ditempatkan pada bidang datar dengan bahan dielektrik di antaranya. Elemen radiasi dan garis umpan ditempatkan di bidang permukaan atau ground plane yang terpisahkan oleh bahan dielektrik dengan nilai konstanta tertentu. Nilai konstanta dari bahan dielektrik suatu PCB berkisar antara $2,2 \leq (\epsilon_r) \leq 12$.



Gambar 2.1 Antena Mikrostrip

Dalam melakukan pengamatan sebuah kinerja antenna, jarak pengamatan (R) harus sama atau lebih besar dari $2l^2/\lambda$ di mana l adalah dimensi terbesar dari struktur antenna. Pada pengamatan antenna yang dimensi maksimumnya adalah D, jarak pengamatan minimum didapatkan dengan menggunakan rumus berikut

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \tag{2.1}$$

Untuk antenna *aperture*, dimensi maksimum yang diambil adalah panjang diagonalnya.

4) Perhitungan Dimensi Antena

Dalam proses fabrikasi antenna, jenis antenna yang paling sering digunakan adalah antenna *patch rectangular*. Dalam perhitungan dimensi *patch* perlu dihitung menggunakan persamaan-persamaan berikut:

Untuk menghitung frekuensi resonansi dari antenna bentuk *patch rectangular* dapat digunakan rumus :

$$f_{mn} = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_r}} r \left[\left(\frac{m}{L} \right)^2 + \left(\frac{n}{W} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2.2}$$

Keterangan :

C = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

m = indeks mode pada arah x

n = indeks mode pada arah y

Untuk mencari efek medan tepi pada elemen peradiasi digunakan rumus berikut :

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_r + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_r - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \tag{2.3}$$

Keterangan :

ΔL = perubahan panjang yang disebabkan oleh adanya fringing effect

ϵ_r = konstanta dielektrik efektif

Untuk mencari panjang elemen (L_p) dari antena dapat digunakan rumus berikut:

$$L_p = L_{eff} + 2 \Delta L \quad (2.4)$$

atau

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right] \quad (2.5)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

L_{eff} = Panjang elemen peradiasi aktif (mm)

ϵ_{reff} = Konstanta dielektrik

Untuk mencari lebar (W_p) dari peradiasi digunakan rumus berikut :

$$W_p = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

f_0 = Frekuensi kerja (Hz)

Untuk mencari panjang dan lebar dari ground plane digunakan rumus berikut :

$$L_g = 6h + L_p \quad (2.8)$$

$$W_g = 6h + W_p \quad (2.9)$$

Keterangan :

L_g = Panjang ground plane (mm)

W_g = Lebar ground plane (mm)

Lalu pada antena juga terdapat saluran mikrostrip yang merupakan sebuah strip dengan lebar w dan bidang pentanahan, keduanya dipisahkan oleh suatu substrat yang memiliki permitivitas relatif (ϵ_{reff}) dengan tinggi (h) [2]. Impedansi karakteristik Z_0 dari saluran mikrostrip antena *patch* ditentukan oleh lebar strip antena (w) dan tinggi substrate (h). Karakteristik dari saluran mikrostrip untuk $w/h < 1$. Untuk menghitung konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}) dapat menggunakan rumus berikut:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} + 0,04 (1 - W/h)^2 \right] \quad (2.10)$$

Dan untuk mencari karakteristik impedansi, digunakan :

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \ln \left(\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h} \right) \quad (2.10)$$

Sedangkan untuk $W/h > 1$

Perhitungan konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}) menggunakan :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right] \quad (2.10)$$

Dan untuk mencari karakteristik impedansi, digunakan :

$$Z_0 = \frac{120\pi/\sqrt{\epsilon_{reff}}}{\frac{W}{h} + 1,393 + \frac{2}{3} \ln(\frac{W}{h} + 1,44)} \quad (2.10)$$

Perhitungan saluran mikrostrip menggunakan rumus berikut :

$$W = \frac{2h}{\pi} \{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} [\ln(B - 1) + 0] \quad (2.10)$$

Dengan ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif dan:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.10)$$

Keterangan :

B = Besar impedansi pada saluran (ohm)

Z_0 = Impedansi beban (ohm)

ϵ_r = konstanta dielektrik efektif

6. VSWR

Voltage Standing Wave Ratio atau VSWR adalah perbandingan amplitudo tegangan antara gelombang berdiri maksimum (V_{max}) dan minimum (V_{min}). Secara khusus, VSWR dapat dinyatakan dengan persamaan berikut [3] :

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma(z)|}{1 - |\Gamma(z)|} \quad (2.10)$$

Keterangan : V_{max} = Tegangan tertinggi

V_{min} = Tegangan terendah

Γ = Koefisien Pantul

7. Gain

Gain antenna merupakan besaran yang memperhitungkan efisiensi antenna dan kemampuan direksionalnya. Gain suatu antenna merupakan perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antenna terhadap intensitas radiasi antenna referensi. Besarnya gain dalam suatu antenna tergantung pada aplikasinya karena setiap aplikasi tertentu memiliki besar gain tertentu.

8. Return Loss

Return loss merupakan koefisien refleksi dalam bentuk logaritmik yang menunjukkan daya yang hilang karena beban dan saluran transmisi tidak matching. Return loss dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara impedansi saluran transmisi dengan impedansi masukan beban. Sehingga tidak semua daya dapat diradiasikan dan terdapat daya yang dipantulkan balik.

9. Spiral Labyrinth

Metode Spiral Slot adalah sebuah antenna yang umum digunakan dalam desain antenna yang independen di frekuensi. Pita operasi antenna spiral diperpanjang ke rentang frekuensi yang lebih rendah dengan desain yang tepat. Sehingga banyak digunakan dalam desain antenna pita lebar dan antenna miniturisasi. [4]

Antena spiral labyrinth adalah sebuah antenna yang berbentuk spiral dengan model seperti labyrinth. Pengertian dari labyrinth sendiri adalah suatu sistem jalur yang memiliki model yang berliku-liku atau berputar-putar.

3. Metode Penelitian

Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah dengan menentukan ukuran dimensi patch. Dalam menemukan besar W_p (lebar patch) berdasarkan persamaan 2.7 menghasilkan perhitungan sebagai berikut:

$$W_p = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1.38 \times 10^9 \sqrt{\frac{4.3 + 1}{2}}} = 66.771208 \text{ mm}$$

Setelah mendapatkan nilai W_p , maka selanjutnya mencari L_p (panjang patch) dengan menggunakan persamaan 2.3, 2.4, 2.5, dan 2.6 sehingga didapatkan nilai sebagai berikut :

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right] = \frac{4.3 + 1}{2} + \frac{4.3 - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12(1.6)}{66.771208}}} \right] = 4.67082$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1.38 \times 10^9 \sqrt{4.67082}} = 100.587867 \text{ mm}$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_r + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_r - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} = 0.412(1.6) \frac{(4.3 + 0.3) (41.732005 + 0.264)}{(4.3 - 0.258) (41.732005 + 0.8)} = 0.740748607$$

$$L_p = L_{\text{eff}} - 2 \Delta L = 100.587867 - 2 \times 0.740748607 = 99.10636979 \text{ mm}$$

Lalu selanjutnya dapat dihitung L_g dan W_g (panjang dan lebar ground plane) menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9 seperti berikut :

$$L_g = 6h + L = 6(1.6) + 99.10636979 = 108.7063698 \text{ mm}$$

$$W_g = 6h + W = 6(1.6) + 66.771208 = 76.371208 \text{ mm}$$

Untuk menghitung saluran pencatu kita perlu menghitung W_f (lebar saluran mikrostrip) yang tergantung pada impedansi karakteristik (Z_0) yang diinginkan. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan 2.14 dan 2.15 yang dilakukan sebagai berikut (dengan impedansi beban sebesar 50 Ohm):

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60\pi^2}{50 \sqrt{4.3}} = 5.71145505$$

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

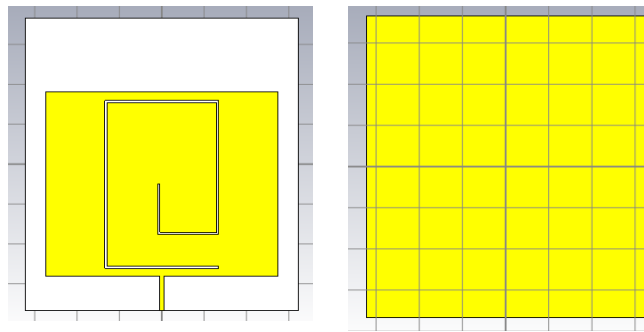
$$W_f = \frac{2(1.6)}{\pi} \left\{ 5.711455056 - 1 - \ln(2 \times 5.711455056 - 1) + \frac{4.3 - 1}{24.3} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$W_f = 3.114273 \text{ mm}$$

Tabel 3.1 Dimensi Antena Dasar

Parameter	Nilai
W_p	50.345 mm
L_p	50.345 mm
W_g	72.5 mm
L_g	72.5 mm
W_f	1 mm

DESAIN ANTENA SPIRAL LABYRINTH



Gambar 3.2 Desain Antena Spiral Labyrinth

Tabel 3.2 Dimensi Antena Spiral Labyrinth

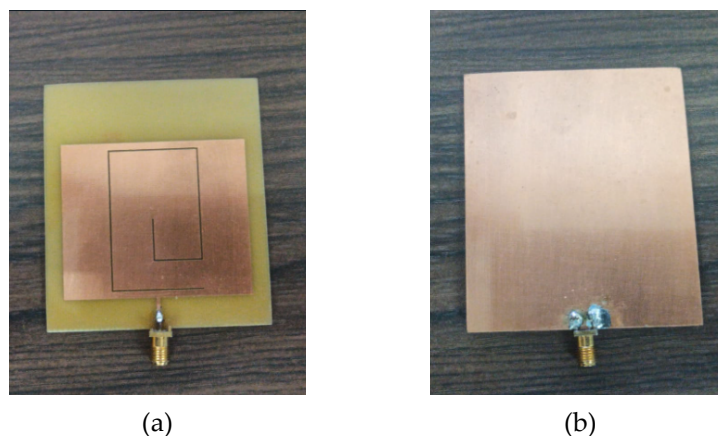
Parameter	Nilai
Wp	54.9 mm
Lp	46 mm
Wg	64.45 mm
Lg	73.2 mm
Wf	1 mm

Tabel 3.3 Hasil Simulasi Antena Spiral Labyrinth

Parameter	Hasil Simulasi
S1.1	- 11.599385 dB
Bandwidth	27.1 Mhz
Frekuensi Tengah	1.38 Ghz
VSWR	1.713815 dB
Gain	0.2605 dBi

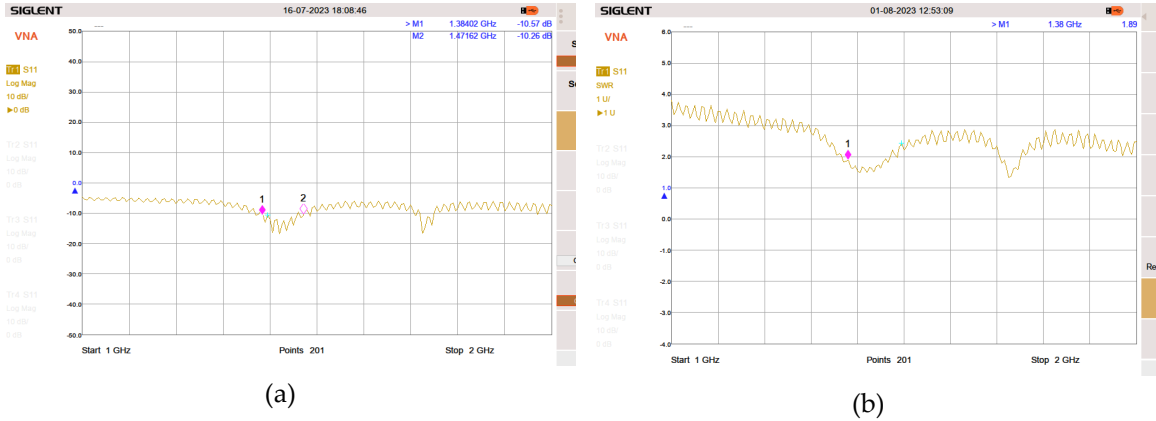
4. Hasil dan Analisa

Dari desain yang sudah dilakukan, berikut adalah hasil fabrikasi dari desain antena spiral labyrinth:

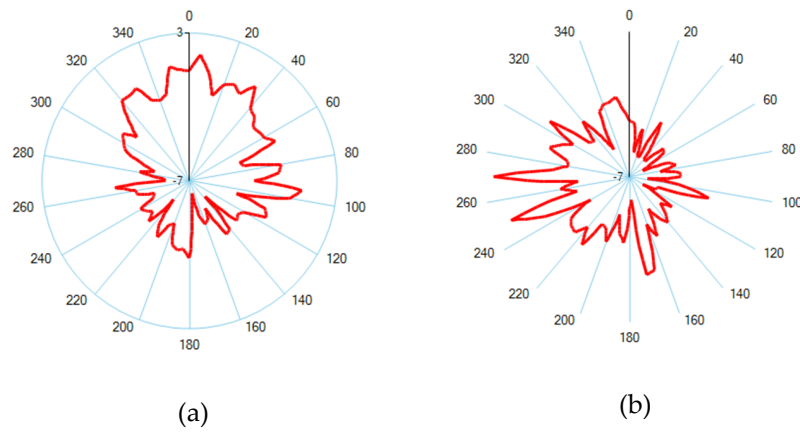


Gambar 4.1 Realisasi antena dengan metode Spiral Labyrinth

Berikut adalah hasil pengukuran antena spiral labyrinth dengan menggunakan VNA dengan:

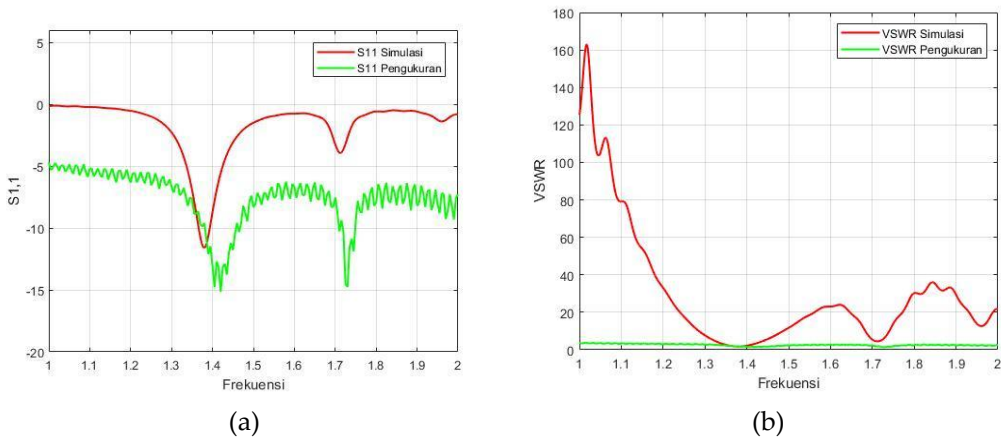


Gambar 4.2 Hasil pengukuran antenna spiral labyrinth, (a) S11, (b) VSWR

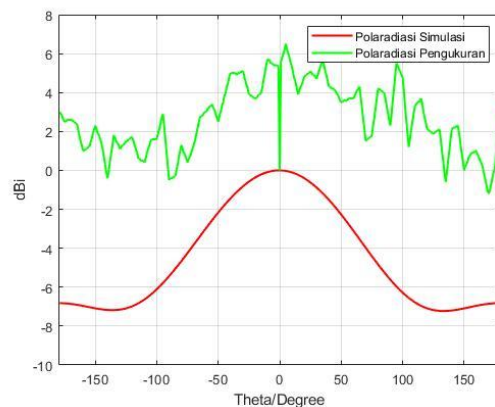


Gambar 4.3 Pola radiasi antenna spiral labyrinth, (a) posisi 0° pada H-plane vertikal, (b) posisi 0° pada H-plane horizontal

Dari data yang sudah didapatkan, data akan dibandingkan dengan data yang didapatkan dari simulasi, yang dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.4 Perbandingan nilai antara antenna spiral labyrinth simulasi dengan pengukuran, (a) S11, (b) VSWR

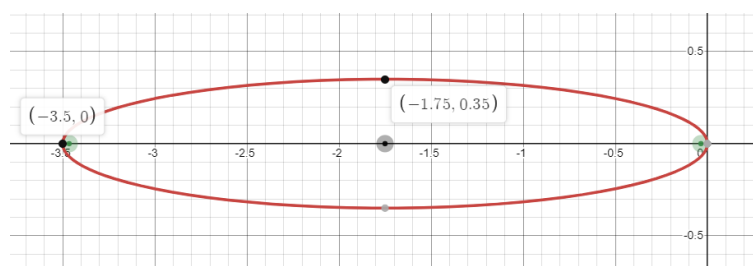


Gambar 4.5 Perbandingan Gain ternormalisasi antenna dasar dengan spiral labyrinth

Tabel 4.6 Perbandingan simulasi dan pengukuran antenna spiral labyrinth

Parameter	Simulasi	Pengukuran	Perubahan
S1.1	- 11.599385 dB	-9.53 dB	-2.06 dB
Bandwidth	27.1 Mhz	87.6 Mhz	60.5 Mhz
VSWR	1.713815 dB	1.89 dB	0.18 dB
Gain	0.2605 dBi	0.7 dBi	0.44 dBi

Dari data tersebut didapat dapat dilihat bahwa antenna yang telah di fabrikasi hampir sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, sebab nilai Bandwidth, VSWR, dan Gain mengalami kenaikan sedangkan nilai Return Loss mengalami pengurangan. Dari analisa diatas dapat dikatakan bahwa nilai Gain dan VSWR memenuhi spesifikasi sedangkan S11 tidak dapat memenuhi spesifikasi. Faktor yang mengakibatkan S11 tidak mampu memenuhi spesifikasi terdapat pada adanya perubahan tersebut disebabkan oleh perubahan permitivitas dari material antenna yang disebabkan oleh kecacatan yang terjadi saat pemasangan port antenna. Selain itu, hasil yang sudah didapatkan ini dipengaruhi juga oleh lokasi pengukuran serta interferensi yang terjadi saat pengukuran dilakukan. Interferensi tersebut datang dari beberapa objek pada sekitaran antenna beserta sinyal-sinyal dari alat-alat di sekitaran setup pengukuran.



Gambar 4.7 Bentuk polarisasi antenna spiral labyrinth

Dari data yang didapatkan, polarisasi dari antenna spiral labyrinth dapat dilihat bentuk dari polarisasi antenna. Hal ini dapat dilihat menggunakan gain yang didapatkan dari H-plane yang tertera di tabel 4.1. Dengan membandingkannya akan didapatkan bentuk polarisasi yang terlihat pada gambar 4.14. Bentuk dari polarisasi antenna dapat dilihat dengan melihat gambar plot yang terbentuk dengan kedua nilai tersebut. Apabila nilai gain (H-plane; 0°; Vertikal) ditempatkan pada sumbu y dan nilai gain Gain (H-plane; 0°; Horizontal) pada sumbu x, maka saat kedua nilai itu dimasukkan kedalam bentuk grafik lingkaran akan didapatkan sebuah elips. Maka dapat disimpulkan bahwa bentuk dari polarisasi antenna spiral labyrinth adalah polarisasi elips

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dibuat untuk mendukung penyelesaian tugas akhir ini, dapat disimpulkan:

- Nilai Return Loss mengalami pengurangan sebesar 2.06 dB dari -11.599385 dB ke - 9.53 dB, hal ini membuat besar Return Loss tidak berada di dalam parameter yang diinginkan. Sedangkan untuk nilai-nilai lainnya mengalami kenaikan seperti Bandwidth sebesar 87.6 Mhz, VSWR sebesar 1.89 dB, dan Gain sebesar 0.7 dBi. Dari nilai-nilai parameter yang sudah dapat dikatakan bahwa Gain dan VSWR sudah memenuhi parameter yang sudah ditentukan, yaitu $VSWR < 2$, dan $Gain \geq 3$ dB. Sedangkan Return Loss tidak memenuhi parameter yang diinginkan, yaitu S-Parameter < -10 dB
- Dengan desain antenna menggunakan metode spiral labyrinth dapat dilihat bahwa metode ini menghasilkan nilai yang menurun di parameternya. Dapat dikatakan bahwa pada metode spiral labyrinth yang berguna untuk menghasilkan miniturasi antenna membuat parameter yang diinginkan mengalami penurunan.
- Hasil antenna yang sudah di fabrikasi didapatkan polarisasi elips sebab gain yang didapatkan pada H-plane pada posisi antenna referensi dalam bentuk horizontal dan vertikal, yakni 0.7 dBi dan -3.5 dBi, membentuk sebuah polarisasi elips.
- Pada pengukuran tersebut mengalami pergeseran cukup banyak dikarenakan pergeseran permitivitas pada material yang digunakan pada antenna, adanya beberapa kecacatan di antenna, serta banyaknya obstacles yang membuat arah pantul dari gelombang berubah.

Referensi

- [1] J. T. Sri Sumantyo dkk, "Airborne Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar," IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING, vol. 14, 2021.
- [2] I. Rahmawati Utami, "Desain Antena Array Mikrostrip dengan Polarisasi Circular menggunakan H-slot dan Parasitic Untuk InterSatelit-Link S-Band," Skripsi, IT Telkom Surabaya, 2022.
- [3] B. C. Wadell, Transmission Line Design Handbook. Boston: Artech House, 2003.
- [4] S. Yu, H. Zhang, and D. Yu, "Miniaturized circularly polarized antenna by the spiral slots on the ground plane," 2017 Sixth Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP), 2017.
- [5] S. Zabunov, G. Mardirossian, and R. Nedkov, Recent innovations in circularly polarized antennas for drone radio communication, 2020. doi:10.7546/crabs.2020.09.13
- [6] D. Setiyowati, S. Alam, and I. Surjati, "Miniaturization of microstrip antenna using spiral labyrinth method at frequency of work 3.5 GHz," JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING, vol. 5, no. 2, pp. 520–531, 2022.
- [7] B. F. Fitriani, H. Wijanto, and A. D. Prasetyo, "Design of dual band microstrip antenna at L-band and S-band frequencies for Synthetic Aperture Radar (SAR) sensors," JURNAL INFOTEL, vol. 10, no. 1, 2018. doi:10.20895/infotel.v10i1.333
- [8] I. Surjati, S. Alam, and J. Karnadi, "Design of spiral labyrinth microstrip antenna for DVB-T Application," TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control), vol. 17, no. 1, p. 76, 2019. doi:10.12928/telkomnika.v17i1.11628
- [9] K. P. Valavanis, Handbook of unmanned aerial vehicles. Springer, 2015. doi: 10.1007/978-90-481-9707-1.
- [10] A. Sianipar, "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Mimo Bowtie 4x4 Dengan Corner Reflektor 90o Pada Frekuensi 1,8 Ghz Untuk Aplikasi Lte Melalui Teknik Pencatuan Mikrostrip Line," Skripsi, Universitas Komputer Indonesia, 2019. Available: Elibrary Unikom, <https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/517/>
- [11] C. A. Balanis, Antenna theory: Analysis and design. Chicester: Wiley, 2012.