

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA SUSUNAN MIKROSTRIP DENGAN POLARISASI SIRKULAR MENGGUNAKAN METODE RING SLOT UNTUK SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR)

DESIGN AND REALIZATION MICROSTRIP ARRAY ANTENNA WITH CIRCULARLY POLARIZATION USING RING SLOT METHOD FOR SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR)

Fariz Rachimawan¹, Dharu Arseno², Edwar³

^{1,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹rachimawan@student.telkomuniversity.ac.id, ²darseno@telkomuniversity.co.id,
³edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah sebuah sistem radar yang berfungsi sebagai alat citra yang dapat bekerja dalam segala cuaca dan bekerja pada *platform* yang bergerak pada sepanjang lintasan radar untuk memperbesar *aperture* antena dan mendapatkan resolusi citra yang baik, dan SAR dapat mendeteksi structural medan bumi, keadaan laut, dan pengintaian serta penargetan informasi untuk operasi militer. *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* merupakan salah satu wahana udara untuk membantu SAR agar mampu mentransmisikan gelombang elektromagnetik pada suatu ketinggian. Oleh karena itu, direalisasikan antena yang dapat diaplikasikan di sistem radar SAR dengan bekerja pada pita frekuensi 5,8 GHz.

Pada penelitian ini dirancang dan direalisasikan susunan antena yang berpolarisasi sirkular bekerja pada pita frekuensi 5,8 GHz (C-Band) dengan *bandwidth* 100 MHz. Antena ini dibuat dengan metode *ring slot* untuk memperlebar *bandwidth* yang diinginkan.

Perancangan dan simulasi antena *microstrip* dilakukan *software* perancang antena. Realisasi antena menggunakan bahan FR-4 Epoxy sebagai substrat dan tembaga sebagai *groundplane* serta *patch*. Hasil dari simulasi perancangan diverifikasi dengan hasil pengukuran antena yang telah terealisasi.

Antena yang dihasilkan memiliki nilai *return loss* sebesar -26,914 dB, VSWR 1,094, dan nilai *gain* bertambah menjadi 4,710 dBi. Pergerakan perambatan antena pada medan listrik atau (*E-Field*) menunjukkan kinerja antena berpolarisasi sirkular, dan dimensi hasil realisasi sebesar 105,20 mm × 114,70 mm.

Kata kunci : Antena mikrostrip, Ring Slot, SAR, UAV

Abstract

Synthetic Aperture Radar (SAR) is a radar system that functions as an image tool that can work in all weather and work on platforms that move along the radar's trajectory to enlarge the antenna aperture and get a good image resolution, and SAR can detect the earth's structural field, the state of the sea, and reconnaissance and targeting of information for military operations. *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* is one air vehicle to help SAR to be able to transmit electromagnetic waves at an altitude. Therefore, an antenna is realized that can be applied to the SAR radar system by working in the 5.8 GHz frequency band.

In this research, the circular polarized antenna designed and realized works in the 5.8 GHz frequency band (C-Band) with a bandwidth of 100 MHz. This antenna is made with the ring slot method to widen the desired bandwidth. Designing and simulating microstrip antennas is done by antenna designing software. The realization of the antenna uses FR-4 Epoxy as a substrate and copper as a groundplane and patch. The results of the design simulation are verified with the results of antenna measurements that have been realized.

The resulting antenna has a return loss value of -26,914 dB, VSWR 1,094, and the gain value increases to 4,710 dBi. The antenna propagation movement in the electric field or (*E-Field*)

shows the performance of circularly polarized antennas, and the realization dimensions are 105.20 mm × 114.70 mm.

Keywords: Microstrip antenna, Ring Slot, SAR, UAV

1. Pendahuluan

Radar (Radio, Detection, and Ranging) adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map benda-benda seperti pesawat terbang, berbagai kendaraan bermotor dan informasi cuaca. Umumnya, radar beroperasi dengan cara menyebarkan tenaga elektromagnetik ke dalam piringan antena. Salah satu aplikasi dari radar yaitu Synthetic Aperture Radar (SAR). SAR digunakan untuk berbagai pengaplikasian di militer atau masyarakat. Kelebihan dari teknologi ini adalah bisa mendeteksi pada siang atau malam hari dan dalam berbagai kondisi cuaca.

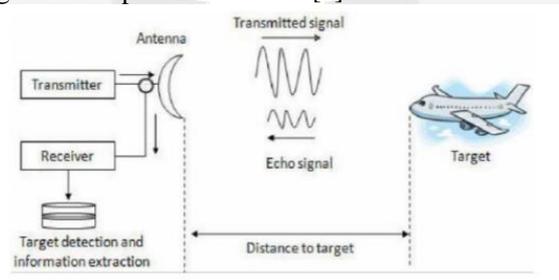
Salah satu bagian penting yang membuat fungsi dari radar dapat berjalan dengan baik adalah antena. Antena adalah salah satu elemen penting dari suatu pemancar atau penerima untuk meyalurkan sinyal radio ke udara. Dalam penelitian ini menggunakan radar SAR yang diaplikasikan untuk teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV), yang diimplementasikan menggunakan frekuensi C-band yang mempunyai rentang frekuensi 4-8 GHz. Pita frekuensi C atau C-band memiliki kelebihan utama menghadapi cuaca buruk.

Dalam tugas akhir ini penulis menjelaskan perancangan antena mikrostrip yang berpolarisasi sirkular menggunakan metode ring slot, lebih spesifiknya pada bagian antena bahan substrat menggunakan FR-4, karena bahan yang digunakan ini mudah ditemukan di pasaran dan harga yang terjangkau. Pada perancangan antena ini penulis akan merancang antena pada transmitter dan receiver yang berpolarisasi sirkular. Pada polarisasi sirkular terdapat ada dua macam, yaitu Right Hand Circularly Polarized (RHCP) atau Left Hand Circularly Polarized (LHCP). Antena akan memiliki polarisasi sirkular dikarenakan mengatasi efek rotasi faraday yang mengakibatkan polarization loss factor (PLF), dan antena dengan geometri ring slot ini dapat meningkatkan kinerja bandwidth dan polarisasi sirkular di antena. Diharapkan dengan adanya perancangan dalam bagian antena transmitter dan antena receiver, dapat bekerja dengan baik dan lebih maksimal.

2. Dasar Teori

2.1 Radar

Radar adalah sistem gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi dan mencari objek. Karakteristik dari radar terdiri dari transmitter, receiver, antena, target, dan lingkungan. Radar beroperasi dengan cara mengirimkan sinyal transmit yang berbagai tipe gelombang, dan mendeteksi sinyal echo [1]. Pengoperasian dari radar diperantarakan oleh antena, lalu switch akan mengarahkan pulsa ke antena dan mengembalikan echo ke bagian receiver. Gelombang yang diterima receiver akan diubah ke sinyal digital dan disimpan di dalam data recorder. Prinsip kerja radar sederhana dapat digambarkan pada Gambar 2.1 [2].

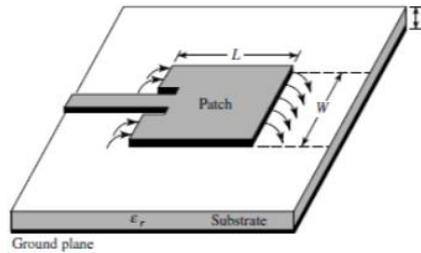


Gambar 1. Prinsip cara kerja radar sederhana [3]

2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel di atas groundplane yang di antaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip memancarkan sinar yang relatif luas ke bidang substrat. Bahan dari antena mikrostrip memiliki massa yang ringan, mudah untuk difabrikasi, dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antena yang lain [5]. Antena mikrostrip terdiri dari 4 kategori, yaitu microstrip patch antennas, microstrip dipole antennas, printed slot

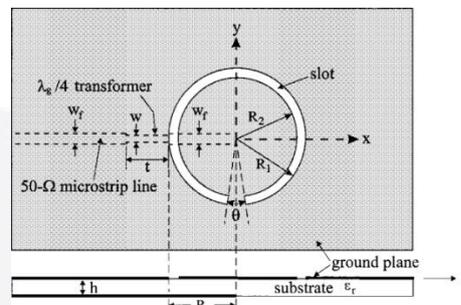
antennas, dan microstrip travelling wave antennas [6]. Bagian dari antenna mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. Struktur Antena Mikrostrip [6]

2.3 Ring Slot

Antena mikrostrip ring slot adalah antenna yang cocok untuk aplikasi dalam sistem komunikasi seluler dan satelit, karena keuntungan dari antenna ring slot adalah ringan, mudah dibuat, dan dapat memperlebar bandwidth [10]. Antena dicetak pada material FR-4 epoxy yang memiliki ϵ_r sekitar 4,3, dan menggunakan konduktor yaitu tembaga dengan ketebalan 0,035 mm. Antena terdiri dari bentuk patch sirkular, kemudian ditambahkan ring di dalam patch sirkular untuk membuat ring slot. Saluran pencatutan berbentuk microstrip line 50 Ω . Saluran pencatutan dihubungkan dengan konektor SMA.



Gambar 3. Struktur Antena Ring Slot [11]

2.4 Dimensi Antena Mikrostrip Patch Sirkular

Dalam perancangan kali ini, bentuk patch yang akan digunakan pada antenna ini adalah sirkular sehingga digunakan formula untuk mencari jari-jari patch. Jari-jari patch dipengaruhi oleh besar frekuensi, konstanta dielektrik substrat, dan tebal substrat. Formula yang digunakan untuk menghitung jari-jari patch adalah [7]:

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2h}{\pi F \epsilon_r} [\ln(\frac{\pi F}{2h}) + 1,7726]}} \quad (2)$$

$$r = a \sqrt{1 + \frac{2h}{\pi a \epsilon_r [\ln(\frac{\pi a}{2h}) + 1,7726]}} \quad (3)$$

Untuk menghitung lebar feed, digunakan formula menghitung microstrip line [8].

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (5)$$

Untuk menentukan ukuran groundplane menggunakan persamaan [9].

$$W_g = 6h + W \quad (6)$$

$$L_g = 6h + L \quad (7)$$

2.5 Antena Array

Antena array adalah susunan dari beberapa antenna yang identik. Dalam bagian antenna mikrostrip yang disusun secara array adalah patch. Perhitungan medan total untuk antenna array ditentukan oleh penjumlahan vektor dari medan yang dihasilkan oleh elemen tunggal. Untuk

membentuk pola yang diinginkan, diperlukan medan dari setiap elemen array yang berinterferensi secara konstruktif pada arah yang diinginkan dan berinterferensi secara destruktif pada arah yang lain. Penguatan pada antenna array merupakan penjumlahan daya dari setiap elemen antenna array, maka setiap penambahan antenna array akan terjadi penguatan yang semakin besar.

3. Perancangan dan Simulasi

3.1 Penentuan Spesifikasi Umum Antena

Berikut spesifikasi antenna yang akan dibuat:

Tabel 1. Spesifikasi Antena

| Spesifikasi | Nilai |
|--------------------|-----------------------|
| Frekuensi Tengah | 5,8 GHz |
| <i>Bandwidth</i> | 100 MHz |
| Impedansi | 50 Ω |
| Pola radiasi | <i>Unidirectional</i> |
| Polarisasi | Sirkular |
| VSWR | $\leq 1,5$ |
| <i>Gain</i> | 9 dBi |
| <i>Return Loss</i> | ≤ -10 dB |

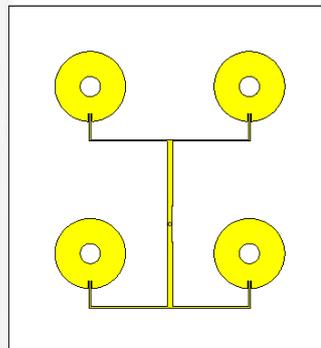
Bahan dielektrik yang digunakan sebagai substrat yaitu FR-4 dengan karakteristik sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi Substrat

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Konstanta Dielektrik (ϵ_r) | 4,3 |
| Tebal bahan dielektrik (d) | 1,6 mm |
| Tebal bahan konduktor (t) | 0,035 mm |

3.2 Perancangan Antena

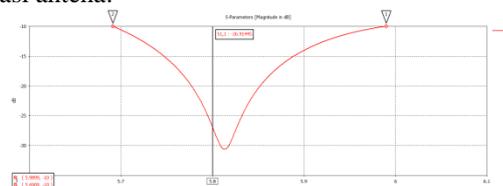
Perancangan antenna mikrostrip dimulai dengan merancang antenna single element sirkular pada frekuensi 5,8 GHz. Kemudian, ditambahkan metode ring slot untuk memperlebar bandwidth. Setelah antenna single element ring slot sudah dioptimasi dengan baik, maka antenna disusun array untuk menambahkan gain antenna. Antenna mikrostrip disusun dengan 4 elemen array dengan konfigurasi array planar. Hasil perancangan antenna array ring slot 2x2 dapat dilihat pada Gambar 4.



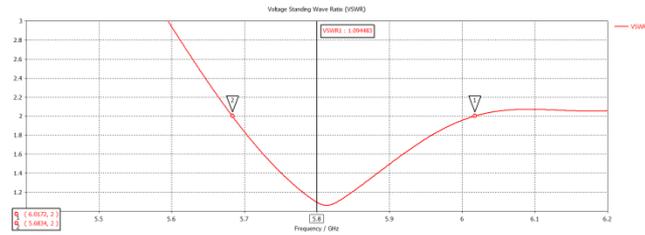
Gambar 4. Desain Antena Array Ring Slot 2x2 Ring Kecil

3.3 Hasil Simulasi Antena

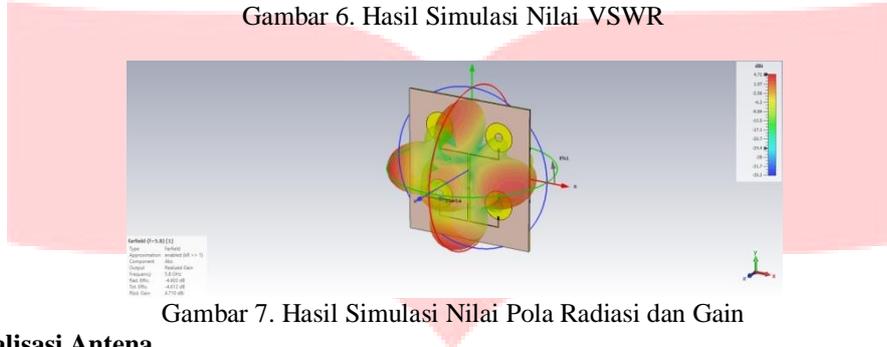
Setelah antenna dirancang di software perancang antenna, antenna disimulasikan. Parameter yang diperhatikan diantara lain adalah return loss, VSWR, bandwidth, pola radiasi, polarisasi, dan gain. Simulasi yang didapatkan pada antenna array ring slot 2x2 ring kecil diantara lain adalah, return loss -26,914 dB, VSWR 1,094, dan nilai gain 4,710 dBi. Pada Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi antenna.



Gambar 5. Hasil Simulasi Return Loss



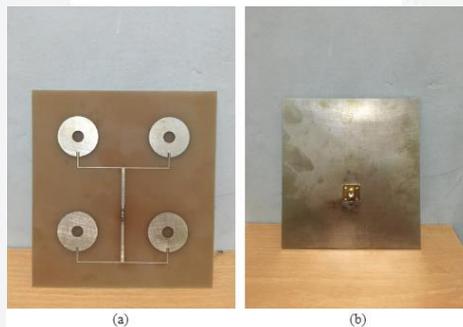
Gambar 6. Hasil Simulasi Nilai VSWR



Gambar 7. Hasil Simulasi Nilai Pola Radiasi dan Gain

3.4 Realisasi Antena

Antena yang telah dirancang dan disimulasikan dengan software perancang antena, kemudian direalisasikan menggunakan bahan yang sudah ditentukan yaitu FR-4 Epoxy. Antena yang direalisasikan adalah Antena Mikrostrip Array Ring Slot 2x2 Ring Kecil. Realisasi dilakukan di tempat percetakan PCB untuk menjaga kepresisian dimensi yang dibuat serta kualitas hasil. Hasil realisasi dapat dilihat pada Gambar 3.38, dengan dimensi hasil realisasi sebesar 105,20 mm x 114,70 mm.



Gambar 8. Realisasi antena mikrostrip array ring slot 2x2 ring kecil (a) tampak depan (b) tampak belakang

4. Analisis Hasil dan Pengukuran

4.1 Hasil Pengukuran Return Loss, Bandwidth, Impedansi, dan VSWR



Gambar 9. Hasil Pengukuran (a) Return Loss (b) VSWR Pada Network Analyzer

Hasil pengukuran parameter *return loss* pada antena mikrostrip *array ring slot* 2x2 di NA terlihat pada Gambar 4.2, menunjukkan pengukuran pada NA antena menghasilkan *return loss* sebesar -17,678 dB pada frekuensi tengah 5,8 GHz, hasil pengukuran VSWR pada *Network Analyzer* menunjukkan pada frekuensi 5,8 GHz, mendapatkan nilai VSWR 1,3063, pada simulasi antena mendapatkan nilai VSWR 1,094. Nilai VSWR bernilai dibawah 1,5, dari hasil simulasi dan

pengukuran, pada pengukuran di *network analyzer* mendapatkan *bandwidth* sebesar 132 MHz, dan hasil pengukuran impedansi pada frekuensi kerja 5,8 GHz yaitu, 42,187 Ω .

4.2 Pengukuran Medan Jauh

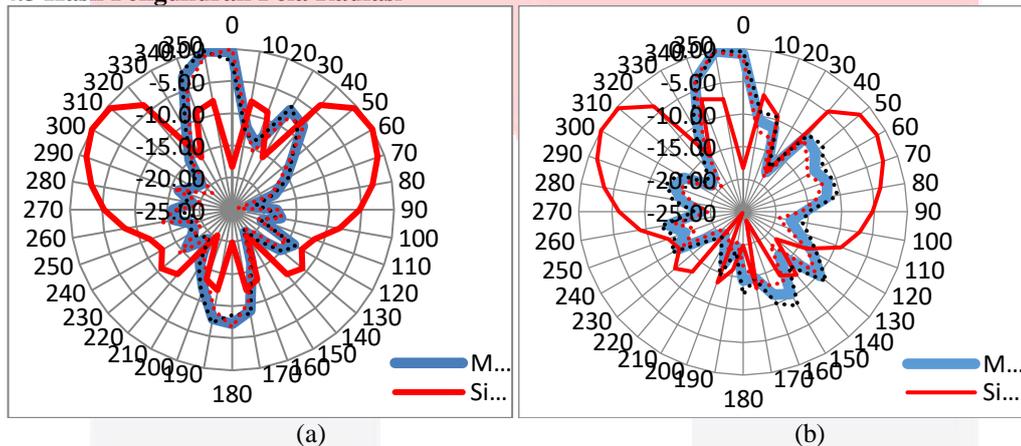
Pada pengukuran medan jauh menggunakan Persamaan 8, dan pada pengukuran medan jauh antenna yang dihitung adalah pola radiasi, polarisasi, dan *gain*.

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (8)$$

Dimana, R adalah jarak antara antenna pemancar dan penerima (m), D adalah ukuran terpanjang dimensi antenna (m), dan λ adalah panjang gelombang frekuensi operasi (m).

Untuk mengukur jarak minimum yang akan dilakukan menggunakan Persamaan 8, maka didapatkan 0,51 meter pada frekuensi 5,8. Pada pengukuran yang dilakukan untuk jarak antenna *transmitter* dan *receiver* dilakukan sejauh 1 meter.

4.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi



Gambar 10. Hasil Pengukuran (a) Azimuth (b) Elevasi Pada Antena

Pada Gambar 10, menunjukkan hasil pola radiasi adalah *bidirectional*, sedangkan hasil pengukuran menunjukkan *Unidirectional*. Perbedaan pada hasil simulasi dan pengukuran disebabkan karena:

- Pemutaran sudut dilakukan secara manual, sehingga kemungkinan terjadi kesalahan pada pemutaran cukup besar. Pemutaran sudut yang teliti dan dilakukan berulang dapat mengurangi resiko kesalahan sudut putar.
- Kesulitan dalam pembacaan daya terima di *spectrum analyzer* yang nilainya berfluktuasi sehingga data yang diperoleh kurang begitu akurat.

4.4 Hasil Pengukuran Polarisasi

Setelah dilakukan pengukuran, maka didapatkan nilai $P_{wattmayor}$ sebesar -41,00 dBm dan $P_{wattminor}$ sebesar -56,00 dBm. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 9, maka didapatkan nilai axial ratio sebesar 7,494 dB. Hasil pengukuran axial ratio menunjukkan polarisasi pada antenna berjenis eliptikal.

$$AR = \frac{E_{mayor}}{E_{minor}} = \frac{\sqrt{\frac{P_{wattmayor} \times 377}{Ae}}}{\sqrt{\frac{P_{wattminor} \times 377}{Ae}}} = \frac{\sqrt{P_{wattmayor}}}{\sqrt{P_{wattminor}}} \quad (9)$$

4.5 Hasil Pengukuran Gain

Setelah dilakukan pengukuran pada *Antenna Under Test* (AUT), didapatkan *gain* sebesar 4,3 dBi. Hasil ini lebih kecil dibandingkan nilai *gain* pada simulasi. Hal ini dapat terjadi karena faktor kualitas fabrikasi yang tidak dapat menjaga performansi antenna seperti pada simulasi, dan kesulitan dalam pembacaan daya pada *spectrum analyzer* yang nilainya berfluktuasi sehingga data yang diperoleh kurang begitu akurat.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Gain

| Pengukuran | Antena | | | |
|------------------|--------|---------|---------------|----------------|
| | AUT | | Referensi | |
| | (-dBm) | (dBm) | (-dBm) | (dBm) |
| 1 | 42,7 | -42,7 | 35,31 | -35,31 |
| 2 | 43,35 | -43,35 | 35,28 | -35,28 |
| 3 | 42,4 | -42,4 | 35,47 | -35,47 |
| 4 | 42,81 | -42,81 | 35,25 | -35,25 |
| 5 | 42,93 | -42,93 | 35,41 | -35,41 |
| 6 | 43,7 | -43,7 | 35,27 | -35,27 |
| 7 | 43,2 | -43,2 | 35,44 | -35,44 |
| 8 | 42,5 | -42,5 | 35,37 | -35,37 |
| 9 | 42,32 | -42,32 | 35,52 | -35,52 |
| 10 | 42,1 | -42,1 | 35,49 | -35,49 |
| Rata-rata | 42,801 | -42,801 | 35,381 | -35,381 |

$$G_{AUT} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBi)} + 11,7 \text{ dBi}$$

$$G_{AUT} = -42,801 - (-35,381) + 11,7 \text{ dBi}$$

$$G_{AUT} = 4,3 \text{ dBi}$$

4,6 Hasil Analisa Simulasi dan Pengukuran

Tabel 4. Hasil Perbandingan Simulasi dan Pengukuran

| Parameter | Simulasi | Pengukuran | Spesifikasi |
|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Return Loss (dB) | -26,914 | -17,678 | ≤ -10 dB |
| VSWR | 1,094 | 1,3063 | $\leq 1,5$ |
| Bandwidth (MHz) | 300 | 132 | 100 MHz |
| Impedansi (Ω) | 50 | 42,187 | 50 Ω |
| Pola Radiasi | <i>Bidirectional</i> | <i>Bidirectional</i> | <i>Unidirectional</i> |
| Polarisasi | Sirkular | Elips | Sirkular |
| Gain (dBi) | 4,71 | 4,3 | 9 dBi |

Pada Tabel 4, menunjukkan perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran antenna. Pada hasil pengukuran antenna terjadi penurunan dibandingkan dengan hasil simulasi, hal ini dikarenakan beberapa faktor, seperti alat ukur yang menghasilkan yang nilainya berfluktuasi sehingga data yang diperoleh kurang begitu akurat, dan faktor kualitas fabrikasi yang tidak dapat menjaga performansi antenna seperti pada simulasi.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Penelitian tugas akhir tentang perancangan dan realisasi antenna Mikrostrip *array ring slot 2x2 ring* kecil memiliki kesimpulan sebagai berikut:

1. Teknik penambahan *ring slot* pada *patch* antenna sangat cocok dengan kebutuhan *bandwidth* antenna, karena dapat memperlebar *bandwidth*.
2. Penambahan susunan antenna mikrostrip kurang memenuhi target spesifikasi antenna. Hal ini terjadi dikarenakan, pada metode *ring slot* antenna bekerja hanya pada lingkaran luar *patch*, sehingga hal ini menyebabkan *gain* yang dihasilkan dalam penambahan susunan sangat kecil.
3. Dengan memperkecil *ring slot* dapat memperlebar *bandwidth*, menambah nilai *gain*, dan memperbesar nilai *return loss*. Sehingga nilai spesifikasi antenna semakin bagus.
4. Pada pengukuran *return loss* terjadi pergeseran frekuensi dari 5,8 GHz menjadi 5,82 – 5,83 GHz. Namun, perbandingan hasil *return loss* pada simulasi dan pengukuran masih berada pada *range* frekuensi yang diinginkan.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan performansi antenna mikrostrip *array ring slot 2x2 ring* kecil memiliki beberapa hal yang dapat dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Memperhatikan kelayakan pada spesifikasi bahan yang akan digunakan pada saat fabrikasi.

2. Memperhatikan faktor – faktor yang dapat mempengaruhi pada saat melakukan pengukuran, banyak hal yang dapat mempengaruhi kinerja antenna pada pengukuran menjadi tidak ideal.
3. Untuk mengembangkan tugas akhir ini, dapat menambahkan jumlah *array* dengan dimensi yang dihasilkan sangat besar.

Daftar Pustaka

- [1] A. R. Hakim, B. S. Nugroho, A. D. Prasetyo, "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP POLARISASI SIRKULAR DENGAN CATUAN PROXIMITY COUPLED UNTUK CIRCULARLY POLARIZED SYNTHETIC APERTURE RADAR (CP-SAR)".
- [2] A. M. Yusuf, H. Wijayanto, Edwar, "ANTENA SUSUNAN 1×8 MIKROSTRIP BENTUK-E UNTUK SYNTHETIC APERTURE RADAR PITA GANDA C-BAND DAN X-BAND PADA UAV".
- [3] Merrill L, Skolnik. "Introduction to Radar System", Second Edition. Mc Graw Hill Book Company. Singapore. 1981.
- [5] Y. H. Kuze dan T. S. J. Sumantyo, *Development of Circularly Polarized Microstrip Antennas for CP-SAR System Installed on Unmanned Aerial*, Chiba University, 2012.
- [6] K. P. P. Iou Moreira, Alberto, Pau Prats-Iraola, Marwan Younis, Gerhard Kreiger, Irena Hajnsek, "A Tutorial on Synthetic Aperture Radar," *Microwaves Radar Inst. Ger. Aerosp. Cent. DLR.*, 2013.
- [7] D. M. Pozar, "Microstrip Antennas," *IEEE*, vol. 80, no. 1, pp. 79-81, January, 1992.
- [10] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Boston: Artech House, Inc., 2001
- [11] S. Kumar and H. Gupta, "Design and Study of Compact and Wideband Microstrip U-Slot Patch Antenna for Wi-Max Application," *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 45-48, 2013.