

ANTENA MIKROSTRIP BERPOLARISASI SIRKULAR DENGAN TEKNIK DUAL-FEED DAN PENAMBAHAN SLOT

Syadza Haifa Ami Dwinanda¹, Heroe Wijanto¹, Agus D. Prasetyo²

^{1, 2, 3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹syadzah@student.telkomuniversity.ac.id, ²heroe@telkomuniversity.ac.id,

³adprasetyo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tel-USAT 2 adalah pengembangan sistem satelit mikro di lingkungan Telkom University. Tel-USAT 2 memiliki misi *Remote Sensing Payload (RSPL)* yang menggunakan sistem SAR. Salah satu komponen SAR adalah *S-Band Transmitter* yang berfungsi mengirimkan data hasil *imaging* ke *ground station*. Gelombang elektromagnetik dari satelit akan melewati lapisan ionosfer yang terdapat Efek Faraday. Untuk mengatasi Efek Faraday digunakan antenna dengan polarisasi sirkular yang akan dirancang pada penelitian ini. Pada penelitian ini, antenna bekerja pada frekuensi tengah 2,35 GHz dengan *bandwidth* $VSWR < 1,5$ sebesar 54,2 MHz. Antenna berpolarisasi sirkular dengan nilai *axial ratio* 0,95 dB pada frekuensi 2,35 GHz dan *bandwidth axial ratio* < 3 dB sebesar 54,3 MHz. Pola radiasi didapatkan berupa *unidirectional* serta *gain* didapatkan sebesar 7,15 dBi.

Kata Kunci: antenna mikrostrip, polarisasi sirkular, *synthetic aperture radar*

Abstract

Tel-USAT 2 is the development of a micro satellite system in Telkom University. Tel-USAT 2 has a Remote Sensing Payload (RSPL) mission that uses a SAR system. One of the SAR components is S-Band Transmitter that has a function of transmitting imaging data from satellite to the ground station. The electromagnetic waves from the satellites will pass through the ionosphere layer which has the Faraday Effect. To overcome the Faraday Effect a circular polarization antenna is used which has been designed and fabricated in this study. In this study, the antenna works at a 2.35 GHz center frequency with a bandwidth of $VSWR < 1.5$ of 54.2 MHz. Circularly polarized antenna with an axial ratio of 0.95 dB at 2.35 GHz frequency and axial ratio bandwidth < 3 dB of 54.3 MHz. The radiation pattern obtained is unidirectional and gain is 7.15 dBi.

Keywords: microstrip antenna, circular polarization, *synthetic aperture radar*

1. Pendahuluan

Penelitian tentang satelit di lingkungan Telkom University dimulai dengan keikutsertaan Telkom University pada INSPIRE (*Indonesian Nano-Satellite Platform Initiative for Research and Education*) [1]. Dari pengalaman tersebut Telkom University mulai mengembangkan sistem satelit nano dengan misi *remote sensing* bernama Tel-USAT 1 dengan teknologi kamera yang bergantung pada cahaya sehingga tidak dapat digunakan kapan saja. Untuk mengatasi masalah ini maka digunakan teknologi *Synthetic Aperture Radar (SAR)* pada satelit mikro. Salah satu komponen pada SAR adalah *S-Band Transmitter* yang akan mengirimkan data hasil *imaging* SAR ke *ground station*. Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan *S-Band Transmitter* akan melalui lapisan ionosfer sebelum sampai ke *ground station*.

Pada lapisan ionosfer terdapat efek Faraday yang akan mengubah polarisasi sehingga mengakibatkan *Polarization Loss Factor (PLF)*. Untuk mengatasi ini maka dibutuhkan antenna

berpolarisasi sirkular. Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan realisasi antenna mikrostrip berpolarisasi sirkular. Penelitian hanya fokus pada perancangan dan realisasi antenna dan tidak membahas secara menyeluruh sistem satelit mikro lebih dalam.

2. Landasan Teori

2.1. Synthetic Aperture Radar

SAR merupakan radar digunakan untuk *remote sensing* yang dapat menembus awan, kabut dan asap[2]. SAR merupakan sensor aktif yang tidak memerlukan cahaya sehingga dapat digunakan pada siang dan malam[2]. Platform SAR akan bergerak pada kecepatan konstan dimana SAR akan menembakkan pulsa ke permukaan bumi pada tiap posisi dan menerima *echo backscatter* yang disimpan dalam bentuk amplitudo dan fasa[3]. Setelah gambar hasil *imaging* didapatkan, data akan dikirimkan ke *ground station* menggunakan *S-Band Transmitter*. Gelombang elektromagnetik dari *S-Band Transmitter* akan melewati lapisan ionosfer dimana terdapat efek Faraday yang akan mengubah polarisasi antenna

sehingga terjadi *polarization loss factor*. Untuk mengatasi hal ini dibutuhkan antenna dengan polarisasi sirkular yang telah didesain dan fabrikasi pada penelitian ini.

2.2. Polarisasi Sirkular

Polarisasi sebuah antenna ditentukan oleh nilai perbandingan sumbu mayor dan sumbu minor medan listrik antenna. Polarisasi antenna dinyatakan sirkular ketika nilai axial ratio < 3 dB dengan nilai ideal 0 dB dimana magnitude sumbu mayor dan sumbu minor bernilai sama.

Antena mikrostrip adalah salah satu jenis antenna yang populer untuk mendapatkan polarisasi sirkular[6]. Polarisasi sirkular bisa didapatkan dengan melakukan Teknik perturbasi pada *patch* dengan *single feed*[6]. Cara lain adalah dengan mencatu dua mode ortogonal dengan perbedaan fasa 90° yang didapatkan dengan mengubah dimensi fisik *patch*nya baik menggunakan satu, dua atau lebih catuan[4]. Pada penelitian ini digunakan *patch* berbentuk persegi dengan menggunakan teknik *dual-feed* dengan pembagi daya T-junction serta penambahan slot untuk mendapatkan polarisasi sirkular.

3. Perancangan dan Realisasi Antena

3.1. Penentuan Bahan dan Spesifikasi Antena

Pada penelitian ini digunakan bahan substrat Roger RT/duroid 5880 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 2,2. Penggunaan bahan ini bertujuan untuk mendapatkan performansi antenna yang lebih baik

Selanjutnya, dalam mendesain antenna, harus ditentukan terlebih dahulu spesifikasi antenna yang dibutuhkan. Pada penelitian ini, spesifikasi merujuk ke LAPAN TUB-SAT seperti pada penelitian sebelumnya[5]. Pada tabel 1 adalah spesifikasi antenna pada penelitian ini.

3.2. Perancangan Antena Mikrostrip

Untuk mendesain *patch* antenna digunakan persamaan sebagai berikut.

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Dimana W adalah lebar antenna (mm), c adalah kecepatan cahaya di ruang bebas yaitu 3×10^8 (m), merupakan frekuensi kerja antenna (Hz), dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik substrat yaitu 2,2. Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang akibat *fringing effect*. Pertambahan panjang tersebut dirumuskan

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.33) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (2)$$

Nilai h adalah tinggi substrat, W adalah lebar *patch*, dan ϵ_{reff} merupakan konstanta dielektrik relatif yang dirumuskan

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Dengan panjang L dirumuskan

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (4)$$

Dimana nilai panjang efektif dirumuskan

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_o \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (5)$$

Untuk mendesain pembagi daya T-junction digunakan persamaan sebagai berikut,

Lebar *microstrip line* (W) tergantung dari impedansi karakteristik (Z_0) yang diinginkan. Adapun rumus yang diberikan adalah,

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (6)$$

Dengan ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif dan B :

$$B = \frac{60\pi^2}{z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

- Untuk $W/h < 1$

Konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff})

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} + 0.04 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2 \right] \quad (8)$$

Karakteristik impedansi

- Untuk $W/h > 1$

Konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff})

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right] \quad (9)$$

Karakteristik impedansi

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \left(\frac{W}{h} + 1.393 + \frac{2}{3 \ln \left(\frac{W}{h} + 1.44 \right)} \right) \quad (10)$$

Untuk menghitung panjang catuan digunakan teknik transformator $\lambda/4$. Penggunaan teknik ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi saluran transmisi yang *matching*, yang dilakukan dengan penambahan saluran transmisi yang mempunyai impedansi Z_c antara dua buah saluran yang tidak *match*. Panjang transformator $\lambda/4$ dirumuskan dengan,

$$l_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (11)$$

Dengan λ_g merupakan panjang gelombang dielektrik, dirumuskan

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (12)$$

4. Perancangan Antena Menggunakan Simulasi Perangkat Lunak

Dari hasil perhitungan yang dilakukan sebelumnya, didapatkan antena dengan desain seperti terlihat pada gambar 1. dan hasil simulasi parameter S1.1 seperti pada gambar 2. Terlihat dari hasil simulasi antena tidak bekerja pada frekuensi 2,35 GHz sehingga harus dilakukan optimalisasi.

Setelah melakukan optimalisasi dengan mengubah dimensi *patch*, antena telah bekerja pada frekuensi yang diinginkan. *Axial ratio* yang didapatkan mengecil namun belum memenuhi spesifikasi yaitu masih pada polarisasi *ellips*. Penambahan *slot* dilakukan dengan metode *trial and error* untuk mendapatkan nilai *axial ratio* yang lebih kecil sehingga polarisasi sirkular dapat tercapai. Nilai *axial ratio* berubah-ubah tergantung pada perubahan dimensi *slot* antena. Setelah dilakukan optimalisasi didapatkan hasil desain akhir antena pada gambar 3.

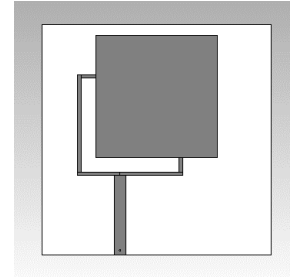
Setelah mendapatkan hasil simulasi yang optimal dilakukan realisasi antena yang dilakukan pada tempat percetakan PCB. Antena yang telah direalisasikan dapat dilihat pada gambar 4.

5. Simulasi dan Pengukuran Antena

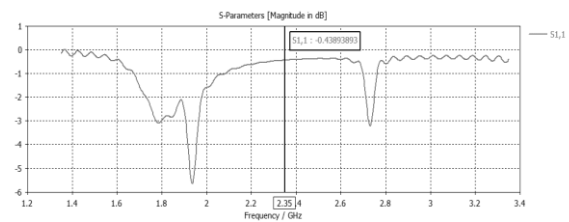
Setelah dilakukan perancangan dan realisasi yang telah dijelaskan sebelumnya maka dilakukan pengukuran. Perbedaan hasil simulasi dan pengukuran terlihat pada Gambar 5-8 serta Tabel 1-2. Terdapat sedikit perbedaan yang terjadi dari hasil simulasi dan pengukuran dikarenakan tempat pengukuran yang tidak ideal, keterbatasan alat serta ketidaksempurnaan saat fabrikasi. Namun perbedaan hasil simulasi dan pengukuran tidak begitu signifikan sehingga antena tetap dapat diaplikasikan sebagai *S-Band Transmitter* pada sistem SAR.

Tabel 1. Spesifikasi Antena

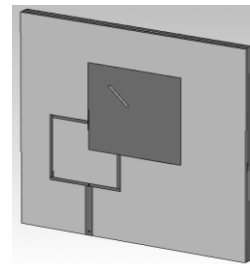
Frekuensi Kerja	2,35 GHz (S-Band)
Bandwidth	2,325 sd 2,375 GHz dengan lebar pita 50 MHz
VSWR	$\leq 1,5$
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i> dengan lebar berkas 70°
Polarisasi	<i>Left Hand Circular Polarization</i>
Gain	≥ 7 dBic
Dimensi satelit	Cubesat ukuran 45×45×27 cm dengan massa 57 kg



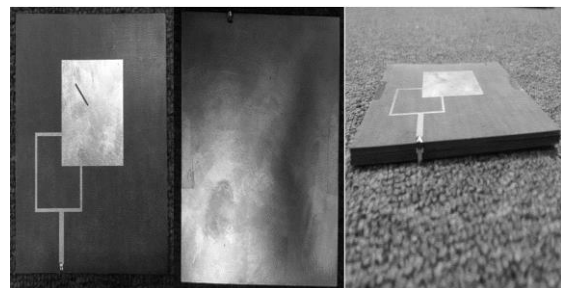
Gambar 1. Desain Antena dari Hasil Perhitungan



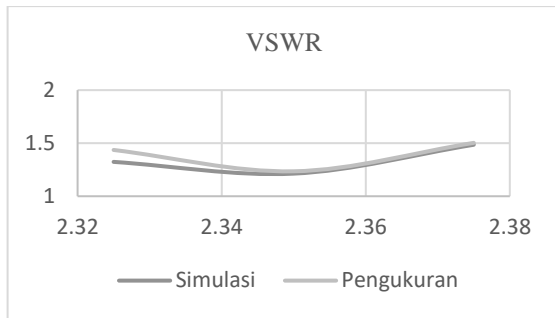
Gambar 2. Hasil Simulasi Antena dari Hasil Perhitungan



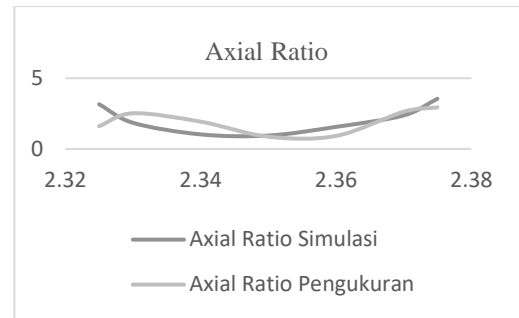
Gambar 3. Desain Akhir Antena



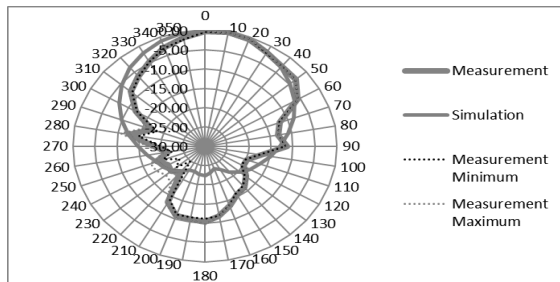
Gambar 4. Realisasi Antena



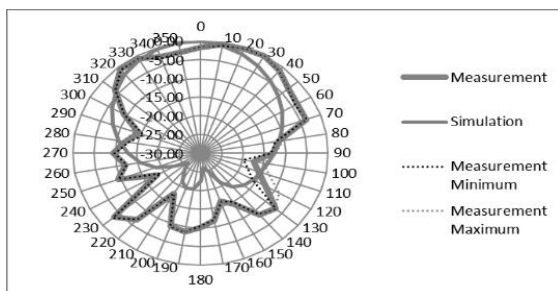
Gambar 5. Perbandingan Nilai VSWR Simulasi dan Pengukuran



Gambar 8. Perbandingan Nilai Axial Ratio Simulasi dan Pengukuran



Gambar 6. Perbandingan Pola Radiasi Simulasi dan Pengukuran pada arah $(\phi, \theta) = (0^\circ, 0^\circ-180^\circ), (180^\circ, 0^\circ-180^\circ)$



Gambar 7. Perbandingan Pola Radiasi Simulasi dan Pengukuran pada arah $(\phi, \theta) = (90^\circ, 0^\circ-180^\circ), (270^\circ, 0^\circ-180^\circ)$

6. Kesimpulan

Antena berpolarisasi sirkular dengan teknik pencatutan *dual-feed* dan penambahan *slot* telah berhasil dirancang dan fabrikasi. Teknik *dual-feed* dan penambahan *slot* terbukti dapat memperkecil nilai *axial ratio* untuk mendapatkan polarisasi sirkular. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai VSWR sebesar 1,235 dengan bandwidth > 50 MHz. Pola radiasi berupa *unidirectional* dengan HPBW > 70° dengan nilai *gain* 6,50 dBic. Polarisasi berjenis sirkular dengan *bandwidth axial ratio* didapatkan > 50 MHz. Semua parameter antenna telah memenuhi spesifikasi namun terdapat beberapa perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran yang disebabkan tempat pengukuran yang kurang ideal, keterbatasan alat serta tidak sempurnaan saat fabrikasi.

Tabel 2. Perbandingan HPBW Simulasi dan Pengukuran

Arah	HPBW Simulasi	HPBW Pengukuran
$(\phi, \theta) = (0^\circ, 0^\circ-180^\circ), (180^\circ, 0^\circ-180^\circ)$	75.8°	$\pm 75^\circ$
$(\phi, \theta) = (90^\circ, 0^\circ-180^\circ), (270^\circ, 0^\circ-180^\circ)$	74.0°	$\pm 100^\circ$

Tabel 3. Perbandingan Nilai Gain Simulasi dan Pengukuran

Frekuensi (GHz)	Kebutuhan Gain (dBic)	Gain Simulasi (dBic)	Gain Pengukuran (dBic)
2,35	≥ 7	10,15	6,50

Daftar Pustaka

- [1] Rahmi, M. H., Wijanto, H., Prasetyo, A. D., "Perancangan Penguat Daya Derau Rendah untuk Stasiun Bumi Satelit Nano pada Frekuensi 2400–2450 MHz Berbasis Mikrostrip", Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro, 2015.
- [2] Chan, Y. K., Koo, V.C., "AN INTRODUCTION TO SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR)", Progress In Electromagnetics Research B, Vol. 2, 27–60, 2008.
- [3] Wolf, Christian. Syntetic Apperture Radar. <http://www.radartutorial.eu/20>. Airborne /ab07.en.html (diakses pada Juli 2017)
- [4] Constantine A, Balanis. 2005. Antenna Theory Analysis and Design 3rd edition. Hoboken: John Wiley and Sons.
- [5] Novella, A. D., Wijanto, H. dan Prasetyo, A. D., "Dual-feed circularly polarized microstrip antenna for S-Band transmitter of Synthetic Aperture Radar (SAR) system," *Quality in Research (QiR), 2015 International Conference on*, Lombok, 2015, pp. 4-7.
- [6] Shakeeb, Marwa, "Circularly Polarized Microstrip Antenna Marwa", 2010.