

# PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP BENTUK E MODIFIKASI DENGAN ELEMEN PARASIT UNTUK RADIO ALTIMETER PADA FREKUENSI 4.2 – 4.4 GHZ

## DESIGN AND REALIZATION OF MODIFIED E-SHAPE MICROSTRIP ANTENNA WITH PARASITIC ELEMENTS FOR RADIO ALTIMETER AT 4.2 – 4.4 GHZ

Sitia Gamawati Erta Lestari<sup>1</sup>, Heroe Wijanto<sup>2</sup>, Yuyu Wahyu<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>3</sup>PPET-LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

<sup>1</sup>[sitiagel@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:sitiagel@students.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[heroewijanto@telkomuniversity.ac.id](mailto:heroewijanto@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[yuyu.wahyu@ppet.lipi.go.id](mailto:yuyu.wahyu@ppet.lipi.go.id)

### Abstrak

Radio altimeter adalah sebuah perangkat yang sangat penting dalam dunia penerbangan. Pada umumnya, radio altimeter penerbangan memiliki antenna pengirim dan penerima yang terpisah. Antena yang dibutuhkan untuk digunakan pada sistem radio altimeter adalah antena yang mampu menghasilkan pola radiasi unidireksional dengan *bandwidth* yang lebar. Antena mikrostrip dipilih karena kelebihanannya yaitu memiliki masa ringan dan mudah untuk dipabrikasi.

Tugas akhir ini merancang dan merealisasikan antena mikrostrip untuk aplikasi radio altimeter. Perancangan dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak *CST Studio Suite* untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan melalui simulasi. Antena yang dirancang untuk mampu bekerja pada frekuensi 4.3 GHz, dengan *return loss* < -10 dB, *VSWR* < 2, *bandwidth* 100 MHz, *gain* ≥ 9.25 dBi, pola radiasi unidireksional, dan polarisasi linier. Substrat yang digunakan adalah Rogers RT5880 yang memiliki permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) sebesar 2.2 dan ketebalan sebesar 1,57 mm.

Antena hasil realisasi perancangan pada tugas akhir ini memiliki *return loss* sebesar -15.121 dB, *VSWR* sebesar 1.425, *bandwidth* 185.188 MHz, dan *gain* sebesar 9.276 dBi. Antena mikrostrip parasitik ini menghasilkan pola radiasi unidireksional dan polarisasi linier vertikal.

**Kata kunci :** radio altimeter, antena mikrostrip, elemen parasit

### Abstract

*Radio altimeter is a device that is very important in the world of aviation. In general, the radio altimeter antenna flight has a separate transmitter and receiver. Antenna that is required for radio altimeter system has to able to generate unidirectional antenna radiation pattern with a wide bandwidth. Microstrip antenna is chosen because of its advantages which are having a light period and easy to be fabricated.*

*This final project is to design and realize the microstrip antenna for the radio altimeter application. Designing process will be done using CST Studio Suite to obtain the desired characteristics through simulation. The antenna is designed to be able to work at frequency 4.3 GHz, has return loss < -10 dB, VSWR < 2, bandwidth 100 MHz, gain ≥ 9.25 dBi, unidirectional radiation pattern, and linear polarization. The used substrate is Rogers RT5880 that has relative permittivity ( $\epsilon_r$ ) 2.2 and thickness 1.57 mm.*

*The realized antenna in this final project has return loss -15.121 dB, VSWR 1.425, bandwidth 185.188 MHz, and gain 9.276 dBi. This parasitic microstrip antenna acquires unidirectional radiation pattern and linear polarization.*

**Keywords :** radio altimeter, microstrip antenna, parasitic element

## I. PENDAHULUAN

Radio altimeter adalah sebuah perangkat yang sangat penting dalam dunia penerbangan. Hal ini dikarenakan radio altimeter berfungsi untuk mengukur ketinggian pesawat terhadap *ground level*. Sistem radio altimeter ini beroperasi pada frekuensi 4.3 GHz. Pada umumnya, radio altimeter penerbangan memiliki antena pengirim dan penerima yang terpisah. Pada praktek penggunaannya, antena penerima harus mendeteksi sinyal pantul yang berasal dari landasan saja, bukan langsung dari antena pengirim.<sup>[9]</sup> Dua antena tersebut harus dipisahkan berjauhan untuk menghindari *crossstalk*.

Antena yang dibutuhkan untuk digunakan pada sistem radio altimeter adalah antena yang mampu menghasilkan pola radiasi unidireksional dengan *gain* yang tinggi serta *bandwidth* yang lebar.<sup>[9]</sup> Untuk mendapatkan pola radiasi unidireksional yang terarah ke satu titik, biasanya digunakan antena horn, namun antena horn memiliki kekurangan yaitu ukurannya yang besar. Antena mikrostrip hadir untuk mengatasi kekurangan antena horn ini.

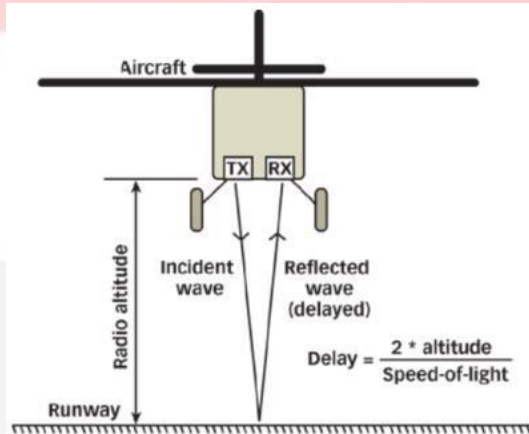
Tugas akhir ini merancang dan merealisasikan antena mikrostrip untuk aplikasi radio altimeter. Antena mikrostrip dipilih karena kelebihanannya yaitu memiliki masa ringan dan mudah untuk dipabrikasi. Meskipun demikian, antena mikrostrip memiliki kelemahan yang terletak pada lebar *bandwidth* yang sempit dan nilai *gain* yang rendah.<sup>[3]</sup> Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan perancangan antena mikrostrip bentuk E yang mampu memberikan *bandwidth* yang lebar sekaligus menurunkan nilai *VSWR*, namun *gain* yang dihasilkan antena tersebut masih rendah.<sup>[10]</sup> Untuk dapat meningkatkan *gain* dapat dilakukan beberapa modifikasi salah

satunya dengan metode penambahan elemen parasit.<sup>[7]</sup> Pada tugas akhir ini, diusulkan perancangan antena mikrostrip bentuk E yang telah dimodifikasi dengan penambahan elemen parasit.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 RADIO ALTIMETER

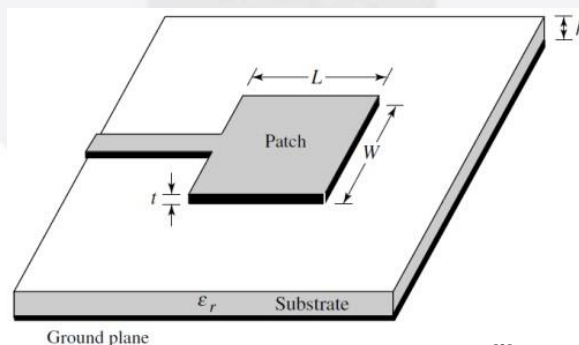
Radio altimeter, atau radar altimeter, adalah sebuah perangkat yang berfungsi untuk mengukur ketinggian pesawat terhadap *ground level*, sampai ketinggian maksimum 5000ft.<sup>[1]</sup> Pada umumnya, radio altimeter penerbangan memiliki antena pengirim dan penerima yang terpisah. Pada praktek penggunaannya, antena penerima harus mendeteksi sinyal pantul yang berasal dari *ground level* saja, bukan langsung dari antena pengirim. Gelombang radio yang digunakan berbentuk *frequency modulated continuous wave* (FM-CW).



Gambar 1 Ilustrasi Radio Altimeter<sup>[8]</sup>

### 2.2 ANTENA MIKROSTRIP PATCH RECTANGULAR

Antena mikrostrip adalah suatu antena terdiri dari tiga lapis elemen, yaitu: *conducting patch*, *dielectric substrate*, dan *ground plane*. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki masa ringan dan mudah untuk dipabrikasi. Karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil. Akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu *bandwidth* yang sempit, *gain* yang relatif rendah dan *directivity* yang kecil serta efisiensi rendah.<sup>[3]</sup>



Gambar 2 Struktur Antena Mikrostrip<sup>[2]</sup>

Dengan mengatur lebar ( $W$ ) dari antena mikrostrip maka impedansi *input* juga akan berubah. Persamaan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar dari antena mikrostrip adalah sebagai berikut<sup>[3]</sup>:

$$\sqrt{\frac{\epsilon_r}{\epsilon_r - 1}}$$

(1)

Dimana:

- $W$  : lebar konduktor (m)
- $\epsilon_r$  : konstanta dielektrik (F/m)
- $c$  : kecepatan cahaya diruang bebas ( $3.10^8$  m/s)
- $f_0$  : frekuensi kerja antena yang diinginkan (Hz)

Sedangkan untuk menentukan dari panjang *patch* ( $L$ ) diperlukan parameter  $\Delta L$  yang merupakan pertambahan panjang dari  $L$  akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari  $L$  ( $\Delta L$ ) tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut<sup>[3]</sup>:

$$\frac{h}{\epsilon_r} \quad (2)$$

Dimana  $h$  adalah tebal dari substrat, dan  $\epsilon_r$  merupakan konstanta dielektrik efektif yang dapat dirumuskan sebagai berikut<sup>[3]</sup>:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_r + \epsilon_0}{2} + \frac{\epsilon_r - \epsilon_0}{2} \left( \frac{h}{h + 0.473W} \right)^{0.7229} \quad (3)$$

Diperlukan juga panjang *patch* efektif ( ) yang dirumuskan sebagai berikut<sup>[3]</sup>:

$$L_{eff} = L + \frac{2W}{\pi} \ln \left( \frac{4e}{\pi} \sqrt{\frac{2h}{W}} \right) \quad (4)$$

Sehingga panjang *patch* ( ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut<sup>[3]</sup>:

$$L = L_{eff} - \frac{2W}{\pi} \ln \left( \frac{4e}{\pi} \sqrt{\frac{2h}{W}} \right) \quad (5)$$

**3.5.1 GROUNDPLANE ANTENA MIKROSTRIP**

Idealnya *groundplane* yang digunakan memiliki luas dan tebal yang tidak terhingga (*Infinite Ground Plane*), naum hal ini tidak mungkin direalisasikan sehingga harus disiasati dengan cara menciptakan kondisi *finite ground plane*. Dimensi minimal *groundplane* yang dibutuhkan untuk menciptakan kondisi ini dapat dihitung dengan rumus berikut<sup>[6]</sup>:

$$(6)$$

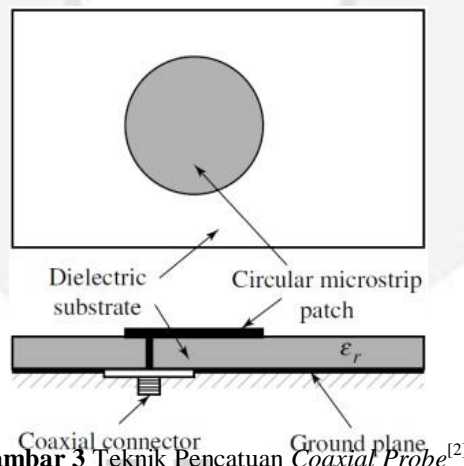
Dimana:

- t : tinggi substrat
- a : lebar dan panjang *patch* (W, L)

**3.5.2 TEKNIK PENCATUAN COAXIAL PROBE**

Penentuan teknik pencatuan merupakan hal yang penting dan sangat menentukan dalam proses perancangan karena teknik pencatuan akan mempengaruhi impedansi input dan karakteristik antena. Dalam pengerjaan tugas akhir ini akan dilakukan rancangan antena dengan teknik pencatuan *coaxial probe*.

Teknik pencatuan *coaxial probe* adalah salah satu teknik pencatuan yang banyak digunakan, dimana konduktor dalam *coaxial* disematkan pada elemen peradiasi sedangkan konduktor luar *coaxial* dihubungkan ke *groundplane*. Kelebihan teknik ini adalah mudah dibuat dan di-*matching*-kan, sedangkan kekurangan teknik ini adalah memiliki *bandwidth* yang sempit dan sulit dimodelkan untuk substrat yang tebal.



Gambar 3 Teknik Pencatuan Coaxial Probe<sup>[2]</sup>

Untuk menentukan titik lokasi pencatuan *coaxial probe* (X,Y) digunakan rumus berikut<sup>[3]</sup>:

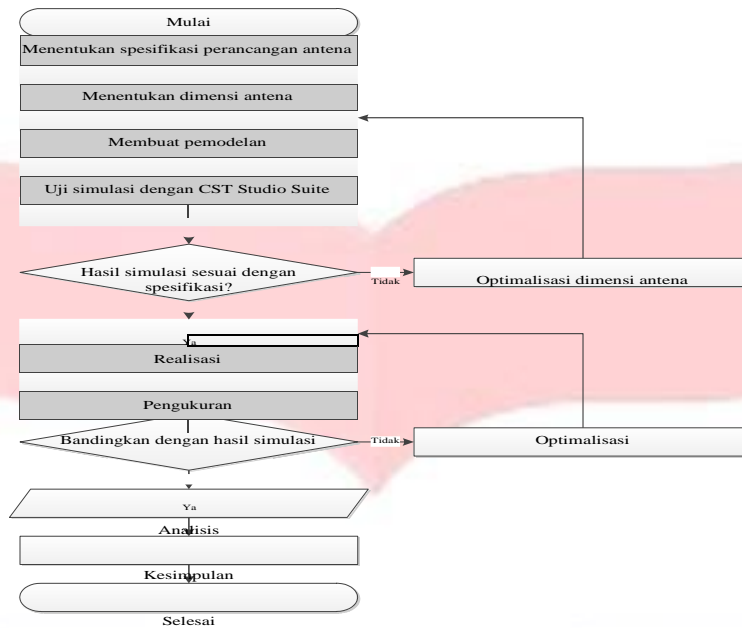
$$(7)$$

$$X = \frac{L}{2} \quad (8)$$

**3. PERANCANGAN DAN SIMULASI**

**3.1 DIAGRAM ALIR PERANCANGAN**

Pada pembuatan tugas akhir ini dilakukan dengan melakukan perancangan dan langkah demi langkah dari awal hingga analisis akhir perancangan sesuai dengan diagram alir di bawah ini:



Gambar 4 Diagram Alir Perancangan Antena

### 3.2 SPESIFIKASI ANTENA

Tahap pertama dari perancangan antenna mikrostrip ini adalah menentukan spesifikasi antenna yang mendukung sistem Radio Altimeter. Spesifikasi antenna adalah sebagai berikut<sup>[4][5]</sup>:

1. Frekuensi kerja : 4.3 GHz
2. Bandwidth : 100 MHz
3. Gain :  $\geq 9.25$  dBi
4. VSWR :  $< 2$
5. Return loss :  $< -10$  dB
6. Impedansi :  $50 \Omega$
7. Polarisasi : Linier
8. Pola radiasi : Unidireksional

Bahan dielektrik yang digunakan sebagai substrat pada antenna ini adalah Rogers RT5880 yang memiliki permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) sebesar 2.2 dan ketebalan sebesar 1,57 mm.

### 3.3 PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP

Perancangan antenna mikrostrip dilakukan secara matematis. Ada beberapa hal yang dilakukan dalam merancang antenna mikrostrip meliputi:

1. Dimensi Patch Antena  
Dengan menggunakan persamaan (1-5), diperoleh ukuran L dan W sebagai berikut:
2. Dimensi Groundplane  
Dengan menggunakan persamaan (6), diperoleh ukuran groundplane sebagai berikut:  
Saat  $W = 27,578003$  mm, maka  $A_g = 6(1.57) + 27,578003 = 36,998003$  mm  
Saat  $L = 22,645751$  mm, maka  $A_g = 6(1.57) + 22,645751 = 32,065751$  mm
3. Titik lokasi pencatutan coaxial probe (X,Y)  
Dengan menggunakan persamaan (7-8), diperoleh titik lokasi pencatutan coaxial probe (X,Y) sebagai berikut:

Untuk merealisasikan sebuah antenna, diperlukan simulasi terlebih dahulu. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak CST Studio Suite. Hal ini bertujuan mengetahui dimensi optimal suatu antenna. Optimasi akan dilakukan jika hasil running berdasarkan dimensi awal hitungan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Optimasi dilakukan dengan cara mengubah bentuk, mengubah besaran parameter. Tabel 1 menunjukkan hasil akhir simulasi setelah dilakukan optimasi.

Tabel 1 Perbandingan Spesifikasi Yang Dibutuhkan dan Hasil Simulasi

Paramater	Kebutuhan	Simulasi
Return Loss di 4.3 GHz	$< -10$ dB	-23.630796 dB
VSWR di 4.3 GHz	$< 2$	1.1414

Bandwidth	100 MHz	100 MHz
Impedansi	50 Ω	54.746334 – j4.4385534 Ω
Pola Radiasi	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linier	Linier
Gain	≥ 9.25 dBi	9.5 dBi

**3.4 REALISASI ANTENA**

Antena yang telah dirancang dan disimulasikan dengan perangkat lunak bantu *CST Studio Suite*, kemudian direalisasikan dengan menggunakan bahan yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu substrat Roger 5880. Realisasi dilakukan di pabrik percetakan dengan menggunakan jasa pencetakan antenna *Printed Circuit Board* (PCB).



Gambar 5 Realisasi Antena

**4. PENGUKURAN DAN ANALISIS**

**4.1 ANALISIS HASIL RETURN LOSS, VSWR, BANDWIDTH, DAN IMPEDANSI**

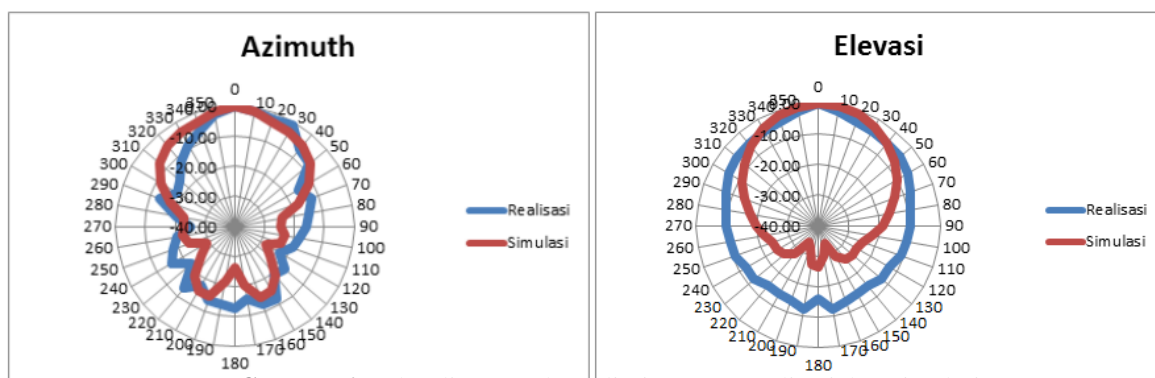
Tabel 2 Perbandingan Hasil Simulasi dan Realisasi

Pengamatan	Simulasi	Realisasi
Return Loss di 4.3 GHz	-23.630796 dB	-15.121 dB
VSWR di 4.3 GHz	1.1414	1.425
Bandwidth	100 MHz	185.188 MHz
Impedansi	54.746334 – j4.4385534 Ω	67.049 + j11.340 Ω

Tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara hasil simulasi dan hasil realisasi. Perbedaan yang signifikan ini disebabkan oleh proses pabrikasi antenna yang kurang bagus. Pada saat proses pabrikasi, dilakukan pengeboran untuk meletakkan pencatuan *coaxial probe*. Besar kecilnya lubang hasil pengeboran, penggunaan timah untuk melekatkan konektor, dan *human error* pada saat pabrikasi mengakibatkan perbedaan antara simulasi dan realisasi. Meskipun demikian, nilai *return loss* dan VSWR hasil pengukuran antenna realisasi masih sesuai dengan harapan, yaitu lebih kecil dari -10 dB untuk *return loss* dan lebih kecil dari 2 untuk VSWR. Selain itu, nilai *bandwidth* antenna realisasi juga melebihi nilai *bandwidth* saat simulasi. Hal ini disebabkan oleh penambahan slot pada *patch* antenna. Penambahan slot pada *patch* antenna dapat meningkatkan *bandwidth*.<sup>[10]</sup>

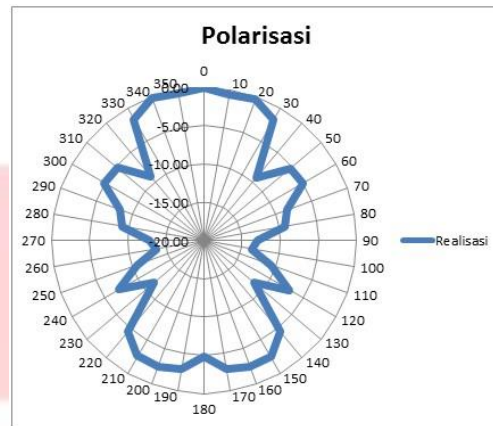
**4.2 ANALISIS HASIL PENGUKURAN POLA RADIASI, POLARISASI, DAN GAIN**

Berikut hasil perbandingan antara hasil simulasi antenna dengan perangkat lunak bantu *CST Studio Suite* dan pengukuran antenna realisasi.



Gambar 6 Perbandingan Pola Radiasi Antena Realisasi dan Simulasi





Gambar 7 Polarisasi Antena Realisasi

Tabel 3 Perbandingan Hasil Simulasi dan Realisasi

Pengamatan	Simulasi	Realisasi
Pola Radiasi	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linier	Linier
Gain	9.5 dBi	9.276 dBi

**Tabel 3** menunjukkan perbandingan antara hasil simulasi dan hasil realisasi. Perbedaan yang paling jelas terlihat adalah *gain*. *Gain* antena realisasi lebih kecil dari *gain* simulasi. Hal ini terjadi karena pengukuran dilakukan di ruangan yang kurang ideal seperti adanya pantulan di ruangan tersebut, terdapat *loss* kabel dan *loss* konektor pada pengukuran, dan pabrikasi antena yang kurang bagus.

#### 4.3 ANALISIS PERFORMA ANTENA TERHADAP SISTEM RADIO ALTIMETER

Agar antena yang telah direalisasikan ini dapat diaplikasikan pada radio altimeter, maka antena realisasi ini harus sesuai dengan spesifikasi yang ada.

Tabel 4 Perbandingan Spesifikasi Antara Kebutuhan dan Realisasi

Paramater	Kebutuhan	Realisasi
Return Loss di 4.3 GHz	< -10 dB	-15.121 dB
VSWR di 4.3 GHz	< 2	1.425
Bandwidth	100 MHz	185.188 MHz
Impedansi	50 $\Omega$	67.049 + j11.340 $\Omega$
Pola Radiasi	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linier	Linier Vertikal
Gain	$\geq 9.25$ dBi	9.276 dBi

**Tabel 4** menunjukkan bahwa nilai impedansi antena realisasi belum memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan untuk sistem radio altimeter. Nilai impedansi antena realisasi adalah 67.049 + j11.340  $\Omega$ , cukup jauh dari impedansi 50  $\Omega$  yang dibutuhkan, sehingga tidak akan terjadi transfer daya maksimum. Hal ini dapat mengakibatkan menurunnya performa sistem jika diimplementasikan pada sistem radio altimeter. Meskipun demikian, antena ini tetap bisa digunakan untuk sistem radio altimeter karena dua parameter utama, yaitu VSWR dan *gain*, telah mencapai spesifikasi minimum sistem.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran pada saat merealisasikan antena, diperoleh parameter-parameter antena yang memenuhi spesifikasi awal, yaitu VSWR, *return loss*, *bandwidth*, *gain*, pola radiasi, dan polarisasi. Parameter antena yang tidak memenuhi spesifikasi awal adalah impedansi. Nilai impedansi yang diperoleh pada realisasi ini adalah 67.049 + j11.340  $\Omega$ , sedangkan pada spesifikasi awal nilai impedansi adalah 50  $\Omega$ . Meskipun antena ini belum sesuai dengan spesifikasi awal, antena realisasi ini tetap bisa diimplementasikan pada sistem radio altimeter karena dua parameter utama, yaitu VSWR dan *gain*, telah mencapai spesifikasi minimum sistem.

### 5.2 SARAN

Untuk mendapatkan performansi antena yang lebih baik pada perancangan berikutnya, maka perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap teknik lain selain metode penambahan elemen parasit untuk mendapatkan *gain* antena yang bagus tanpa mengurangi lebar *bandwidth*. Perlu diperhatikan juga proses pabrikasi antena dan lokasi pengukuran antena yang sebaiknya dilakukan di *anechoic chamber*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] ©NAR and TFHS. (2015). *RADIO ALTIMETER*. [www.naic.edu/~phil/rfi/NAR\\_Radio\\_Altimeter.pdf](http://www.naic.edu/~phil/rfi/NAR_Radio_Altimeter.pdf).
- [2] Balanis, C. A. (2005). *ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN Third Edition*. Canada: Wiley-Interscience.
- [3] Garg, R., Bhartia, P., Bahl, I., & Ittipiboon, A. (2001). *MICROSTRIP ANTENNA DESIGN HANDBOOK*. London: Artech House.
- [4] International Civil Aviation Organization. (2011). *USE OF 4200-4400 MHZ RADIO ALTIMETER BAND*. France: International Civil Aviation Organization.
- [5] Kratos Electronic Products Division. (n.d.). *ALTIMETER ANTENNA MODEL 8201 MICROSTRIP*. Lancaster: Kratos Electronic Products Division.
- [6] Putra, P. R. (2013). *PERANCANGAN DAN REALISASI SUSUNAN ANTENA MIKROSTRIP BERPOLARISASI SIRKULAR MENGGUNAKAN FRONT-END PARASITIK UNTUK S-BAND TRANSMITTER SISTEM SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR) PADA SPACE SEGMENT*. Bandung: Universitas Telkom.
- [7] Rochani, B., & Raj, R. K. (2014). DESIGN OF BROADBAND MICROSTRIP PATCH ANTENNA WITH PARASITIC ELEMENTS . *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 9953-9957.
- [8] Vidmar, M. (2005). *DESIGN IMPROVES 4.3-GHz RADIO ALTIMETER ACCURACY*. <http://mwrf.com/systems/design-improves-43-ghz-radio-altimeter-accuracy>.
- [9] Vidmar, M. (2015). *A LANDING RADIO ALTIMETER FOR SMALL AIRCRAFT*. <http://lea.hamradio.si/~s53mv/radalt/radalt.html>.
- [10] Yadav, A., Chauhan, B., & Jain, A. (2012). MICROSTRIP SYMMETRICAL E-SHAPE PATCH ANTENNA FOR WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 241-244.