

## PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA RECTANGULAR MONOPOLE DENGAN TRIDENT-SHAPED FEED UNTUK ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM) PADA FREKUENSI 4 – 8 GHz

### *RECTANGULAR MONOPOLE ANTENNA DESIGN AND REALIZATION WITH TRIDENT-SHAPED FEED FOR ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM) IN FREQUENCY 4 - 8 GHz*

Haris Levisa Pardede<sup>1</sup>, Achmad Ali Muayyadi<sup>2</sup>, Yussi Perdana Saputera<sup>3</sup>

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

<sup>3</sup>Radar Telekomunikasi Indonesia (RTI), Bandung

<sup>1</sup>[harispardede438@gmail.com](mailto:harispardede438@gmail.com)

<sup>2</sup>[alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id](mailto:alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id)

<sup>3</sup>[yussips@gmail.com](mailto:yussips@gmail.com)

#### Abstrak

*Electronic Support Measure (ESM)* merupakan sebuah peralatan pertahanan elektronik yang berfungsi untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh objek, kemudian sinyal tersebut diproses dan dianalisis sehingga diperoleh lokasi, kuat sinyal dan parameter lainnya.

Antena *Rectangular Monopole* dirancang dan direalisasikan dengan metode *trident shaped-feed* pada frekuensi C-band (4 - 8 GHz). Substrat yang digunakan dari bahan FR4 yang memiliki permitivitas ( $\epsilon_r$ ) 4.4 menggunakan teknik pencatutan *mikrostrip feed line*.

Setelah melakukan realisasi didapat hasil pengukuran pada frekuensi tengah sebesar 6 GHz, nilai VSWR sebesar 1,5518 dan return loss sebesar -13,320. Serta pola radiasi antena *unidirectional* dan berpolarisasi elips.

**Kata Kunci :** *mikrostrip feed line, Electronic Support Measure, monopole.*

#### Abstract

*Electronic Support Measure (ESM)* is an electronic defense equipment that functions to receive electromagnetic wave signals emitted by objects, then the signal is processed and analyzed in order to obtain location, signal strength and other parameters.

The *Rectangular Monopole* antenna is designed and realized using the *trident shaped-feed* method at the C-band frequency (4 - 8 GHz). The substrate used is from FR4 material which has permittivity ( $\epsilon_r$ ) 4.4 using the *feed line microstrip feeding* technique.

After making the realization, the measurement results were obtained at a center frequency of 6 GHz, a VSWR value of 1.5518 and a return loss of -13.320 as well as the radiation pattern of an elliptical and unidirectional antenna.

**Keywords:** *mikrostrip feed line, Electronic Support Measure, monopole.*

## 1. Pendahuluan

Di era teknologi yang semakin modern ini, sistem keamanan dan pertahanan suatu wilayah sedang menjadi sorotan. Terlebih bagi negara yang memiliki banyak pulau seperti Indonesia. Menurut data statistik tahun 2015 menyatakan bahwa jumlah pulau di Indonesia sebanyak 17.504 pulau [1]. Negara yang besar harus dilengkapi dengan kekuatan militer yang lengkap dan diperbarui mengikuti perkembangan teknologi. Peran militer sangat penting untuk menjaga keutuhan NKRI. Saat ini perkembangan teknologi militer banyak menggunakan gelombang elektromagnetik dalam peralatan yang digunakan untuk melindungi negara. Salah satu sistem yang dapat meningkatkan kemampuan pertahanan tersebut adalah dengan menggunakan teknologi yang sedang dikembangkan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yaitu menggunakan sebuah perangkat yang bernama *Electronic Support Measure (ESM)*.

*Electronic Support Measure (ESM)* adalah bagian dari perangkat teknologi EW (*Electronic Warfare*) yang menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai sistem komunikasi. Perangkat yang bekerja pada sistem keamanan militer ini berfungsi sebagai penerima gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu benda, lalu gelombang tersebut diterima oleh ESM yang selanjutnya di proses dan dilakukan analisis untuk mendapatkan titik koordinat dimana lokasi benda berada serta informasi lainnya berupa identitas dari pengirim gelombang elektromagnetik tersebut [2]. Untuk menjalankan perangkat ESM ini dibutuhkan antenna sebagai penerima gelombang elektromagnetik [3]. Antena log periodic mikrostrip ESM bekerja pada frekuensi *Ultra Wide Band (UWB)* yaitu 2-18

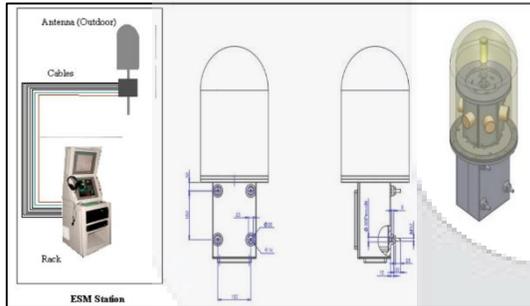
Ghz. ESM ini bekerja untuk mengidentifikasi object yang datang dengan memancarkan sinyal yang bersifat *passive radar*.

Di dalam tugas akhir ini, penulis merancang, membuat dan mensimulasikan antenna *Rectangular monopole dengan trident-shaped* dengan frekuensi UWB yaitu 4-8 Ghz, frekuensi tersebut ialah frekuensi yang termasuk dalam ESM. Antena tersebut digunakan sebagai *receiver* gelombang elektromagnetik dan juga dapat memancarkan gelombang elektromagnetik yang tidak bisa ter-*detect* oleh receiver antenna lain yang disebut *passive radar*. Antena ini juga dapat diimplementasikan untuk *passive radar* di sistem keamanan negara. Simulasi antenna ini menggunakan software CST untuk mendapatkan parameter kinerja dan sekaligus optimasi dari antenna yang meliputi VSWR, gain, frekuensi, lebar antenna, panjang antenna. Diharapkan hasil perancangan dan pembuatan antenna *Rectangular monopole dengan trident-shaped* ini mampu untuk membantu dan menangani permasalahan dalam keamanan negara.

2. Dasar Teori

2.1 *Electronic Support Measure (ESM)*

*Electronic Support Measure (ESM)* merupakan teknologi yang biasa digunakan dalam bidang militer. Peran ESM dalam perangkat militer yaitu sebagai alat untuk mendeteksi, mencegat, mengidentifikasi, menemukan, mencatat, dan atau menganalisa sumber energi elektromagnetik yang dipancarkan musuh yang masuk ke wilayah negara secara ilegal. Dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh perangkat pemancar dari musuh, ESM dapat menghasilkan suatu titik koordinat posisi keberadaan musuh. Dibawah ini adalah gambar *ESM Station* dan salah satu bentuk antenna bagian luar dari ESM [4].

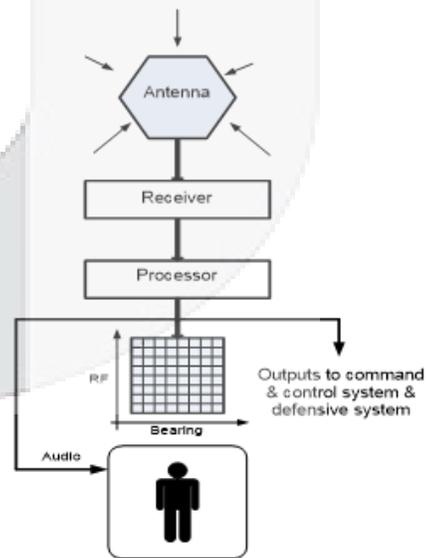


Gambar 2.1 (a) *ESM Station* [5] (b) Antena Outdoor ESM [5]

Gambar diatas adalah *ESM Station* yang terdiri dari antenna (*outdoor*), *cable set*, dan *monitor receiver*. Antena dipasang di luar ruangan sebanyak 6 buah secara melingkar 360°. Tiap antenna terdiri dari frekuensi kerja yang berbeda, mulai dari S-Band, C-band, X-band dan KU-band. Antena bekerja dengan pola radiasi direksional dan terdiri dari gabungan dari beberapa buah antenna yang memiliki ciri khas nilai *beamwidth* tertentu [6]. Penggabungan beberapa antenna

tersebut menggunakan *combiner*. Dari pancaran gelombang elektromagnetik yang diterima menghasilkan parameter titik koordinat dan kuat sinyal dari pemancar [4]. Karena digunakan untuk menangkap pesawat asing yang tidak diketahui frekuensinya, maka dibutuhkan karakteristik *bandwidth* lebar. Lalu juga diperlukan sudut pandang yang baik untuk menemukan target. Untuk spektrum frekuensi kerja dari ESM berkisar antara 2-18 GHz.

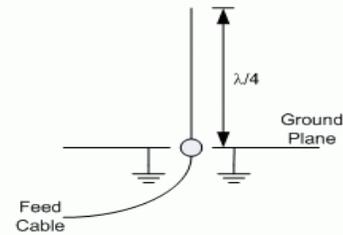
*Electronic Support Measure (ESM)* secara umum adalah sebuah peralatan elektronik yang berfungsi untuk menerima (*received*) sinyal gelombang elektromagnetik, kemudian sinyal tersebut diproses dan dianalisa sehingga diperoleh lokasi (posisi), kuat sinyal (*signal strength*) dan parameter lainnya. Peralatan ESM seperti dalam Gambar 2.2, terdiri dari :



Gambar 2.2 *ESM (Electronic Support Measure)*

## 2.2 Antena monopole

Antena monopole merupakan salah satu jenis antena kawat yang terbentuk dengan cara mengganti atau menghilangkan setengah dari antena dipole dengan bidang pentanahan (ground plane) pada penempatan yang tepat sesuai dengan setengah sisa antenanya. Jika bidang pentanahannya cukup besar, antena monopole bekerja seperti antena dipole yang mana pantulan pada bidang pentanahan menggantikan fungsi dari setengah antena dipole yang dihilangkan tersebut. Oleh karena hal ini, antena monopole dikenal juga sebagai antena dipole dengan seperempat panjang gelombang ( $1/4 \lambda$ ).



Antena monopole biasanya memiliki bentuk geometri yang terdiri dari elemen vertikal berbentuk silinder yang berada pada bagian tengah dari bidang pentanahan yang menjadi penghantar (konduktor) sempurna di dalam ruang bebas (free space). Bentuk antena seperti ini memiliki karakteristik pola radiasi yang seragam pada arah azimuth yang biasa dikenal dengan jenis pola radiasi omnidirectional.

Antena monopole merupakan antena yang paling banyak digunakan untuk sistem komunikasi wireless mobile dengan karakteristik broadband dan konstruksi yang sederhana yang biasa digunakan pada antena untuk peralatan portable. Panjang elektrik dari antena berhubungan langsung dengan frekuensi resonannya dan berpengaruh terhadap efisiensi radiasi dan karakteristik gain.

Dimensi dari antena monopole merupakan  $1/4$  dari panjang gelombangnya, dimana rumus mencari panjang gelombang adalah :

Gambar 2.3 Antena Monopole [8]

$$\lambda = C / f$$

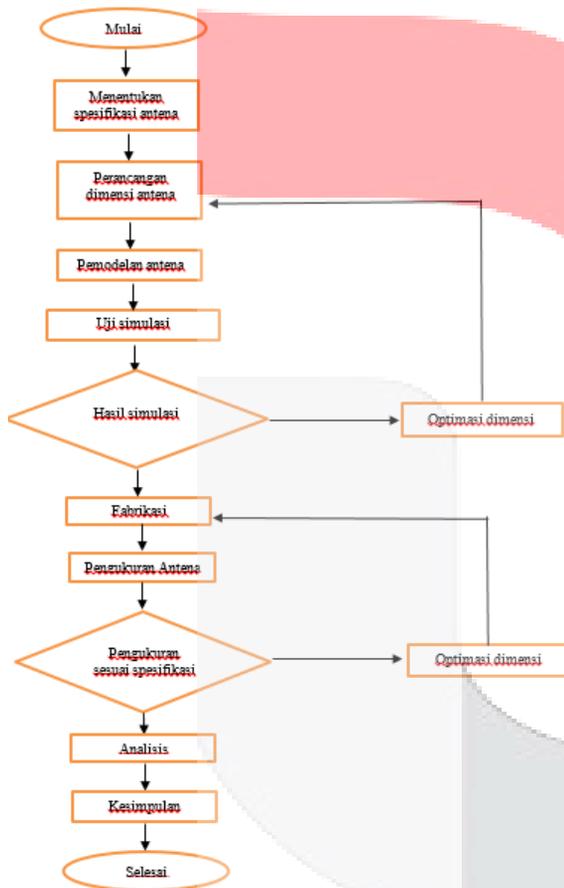
dengan  $\lambda$  = panjang gelombang (m)

f= frekuensi (Hz)

$$c = \text{cepat rambat gelombang (m/detik)} \quad (2.1)$$

### 3. Perancangan dan simulasi antenna

Diagram alir menjelaskan tahapan-tahapan dalam perancangan tugas akhir ini. Tahapan-tahapan tersebut memiliki tujuan agar Tugas Akhir ini sesuai dengan yang diharapkan hingga analisis akhir perancangan. Diagram Alir dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan

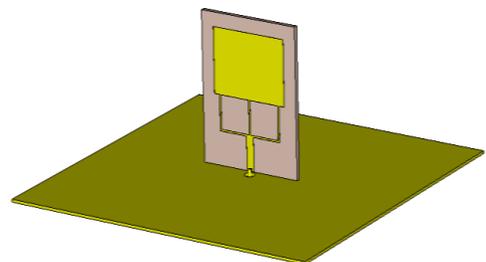
### 3.2 Spesifikasi Antena

Pada tugas akhir ini dirancang antenna *Rectangular Monopole* dengan *trident-shaped feed* dengan spesifikasi sebagai berikut pada Tabel 3.1.

Frekuensi Kerja	3 GHz
VSWR	$\leq 2$
Gain	$\geq 4$
Impedansi	50 Ohm
Polaradiasi	<i>Unidirectional</i>
Polarisasi	Linier

### 3.3 Simulasi antenna menggunakan Software

Untuk merealisasikan sebuah antenna, diperlukan simulasi terlebih dahulu. Simulasi dilakukan dengan bantuan software CST Microwave Studio 2019. Hal ini bertujuan mengetahui dimensi optimal suatu antenna. Optimalisasi dilakukan jika hasil running berdasarkan dimensi awal hitungan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.



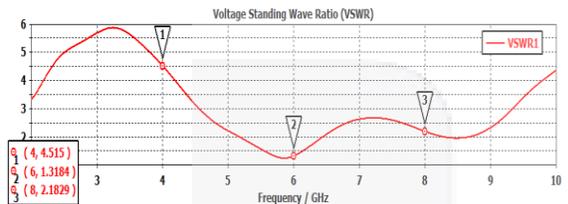
Gambar 3.2 Desain antenna

3.4 Dimensi antenna sebelum optimasi

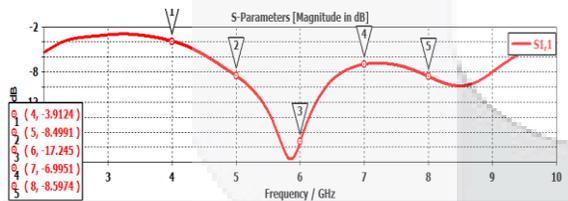
Table 3.1 Parameter untuk dimensi antenna *patch triple saltran*

No	Variable	Keterangan	Nilai (mm)
1	W	Panjang Patch	15,21 mm
2	L	Lebar Patch	11,32 mm
3	ST_Sumbser_P	Panjang Saltran	6,97 mm
4	ST_Sumbser_L	Lebar Saltran	3,05 mm
5	ST_1_P	Panjang Saltran	7,187 mm
6	ST_1_L	Lebar Saltran	0,979 mm
7	ST_Gap_P	Panjang Saltran	5,95 mm
8	Sub_L	Jarak Substrat	10 mm

. Jika permodelan simulasi antenna telah sesuai dengan spesifikasi, maka dilanjutkan ke dalam tahap fabrikasi. Namun, jika permodelan simulasi antenna belum sesuai spesifikasi, maka masuk ke tahapan optimasi.



Gambar 3.3 Hasil VSWR simulasi awal



Gambar 3.4 Hasil *return loss* simulasi awal

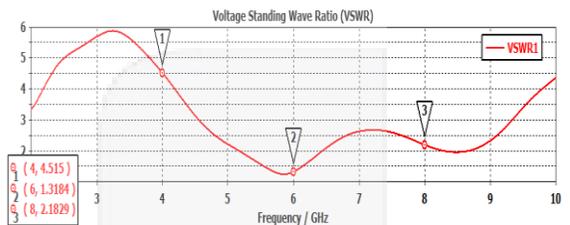
Pada gambar diatas hasil simulasi di frekuensi kerja 6 GHz, didapat nilai VSWR 1,3184 dan *Return Loss* -17,245 . Pada frekuensi tengah 6GHZ sudah memenuhi spesifikasi spsifikasi tetapi masih dapat lebih optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang paling optimal.

3.5 Dimensi antenna setelah optimasi

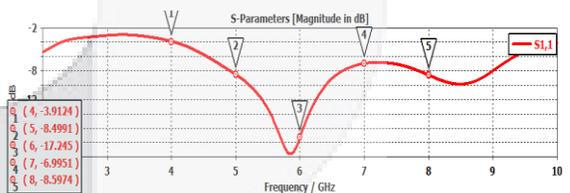
Table 3.2 Parameter untuk dimensi antenna *patch triple saltran* yang paling optimal

No	Variable	Keterangan	Nilai (mm)
1	W	Panjang Patch	15 mm
2	L	Lebar Patch	17 mm
3	ST_Sumbser_P	Panjang Saltran	6,97 mm
4	ST_Sumbser_L	Lebar Saltran	3,05 mm
5	ST_1_P	Panjang Saltran	7,187 mm
6	ST_1_L	Lebar Saltran	0,979 mm
7	ST_Gap_P	Panjang Saltran	5,95 mm
8	Sub_L	Jarak Substrat	10 mm

Pemodelan antenna sudah selesai dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.



Gambar 3.5 Hasil VSWR setelah optimasi

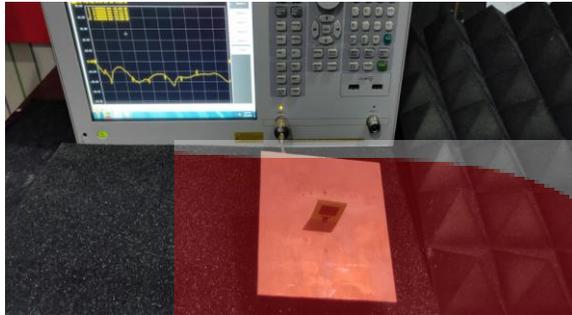


Gambar 3.6 Hasil *return loss* setelah optimasi

Pada gambar diatas hasil simulasi di frekuensi kerja 6 GHz, didapat nilai VSWR 1,3184 dan *Return Loss* -17,245 . Pada frekuensi tengah 6GHZ sudah memenuhi spesifikasi spsifikasi tetapi masih dapat lebih optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang paling optimal.

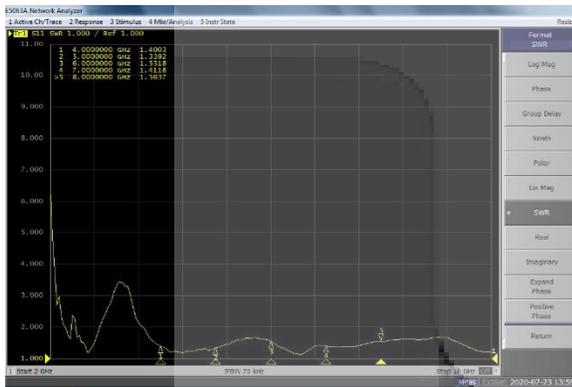
4. Hasil dan Analisis

Antena yang dirancang dan disimulasikan akan direalisasikan pada pada substrat FR4 Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Virtual Network Analyzer E5063A*



Gambar 4.1 Proses pengukuran

4.1 Hasil pengukuran VSWR



Gambar 4.2 Hasil VSWR

Pada gambar di atas diketahui nilai VSWR sudah memenuhi spesifikasi yaitu  $\leq 2$ . Dengan frekuensi kerja di 6GHz sebesar 1.5518. Spesifikasi yang ditentukan bernilai  $\leq 2$ . Nilai VSWR pada pengukuran realisasi lebih kecil dan lebih baik dari pada simulasi. Hal ini dikarenakan beberapa hal,yaitu pada saat proses simulasi software yang digunakan memiliki kondisi lingkungan yang ideal,tetapi pada saat melakukan realisasi,tidak bisa mendapatkan kondisi lingkungan yang ideal. Hal lain yang mempengaruhi pada saat proses fabrikasi adalah antenna sangat sensitif pada perubahan variabel sekecil apapun.

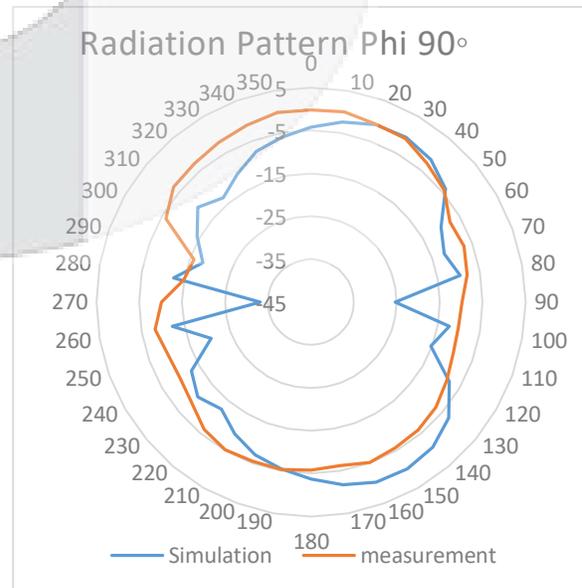
4.2 Hasil pengukuran *return loss*



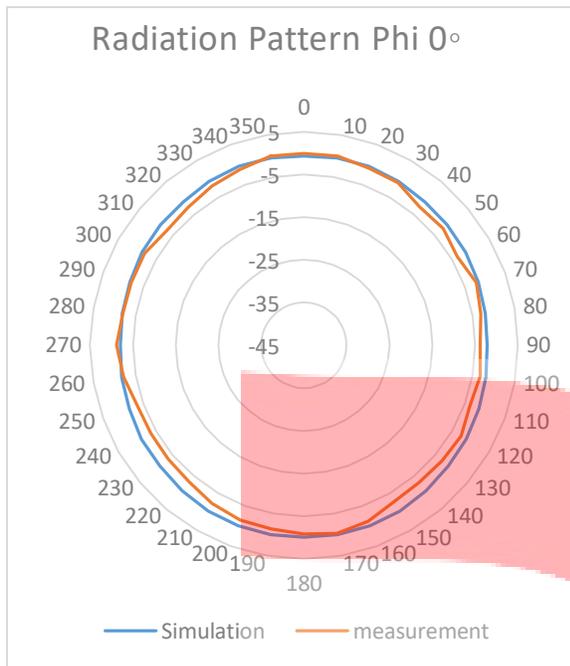
Gambar 4.3 Hasil *return loss*

Dari hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai Return Loss yang didapat pada frekuensi 6 GHz sebesar -13.320 dB sesuai dengan spesifikasi yaitu  $\leq -10$  dB. Pada frekuensi 3.7 GHz dan 8 GHz maka *bandwidth* yang didapat 4300MHz. Perbedaan return loss yang direalisasikan dengan hasil dari simulasi dapat disebabkan oleh kurangnya tingkat ketelitian saat fabrikasi, proses penyolderan yang tidak sempurna dan loss serta kesensitifitasan dari kabel probe.

4.3 Hasil Polaradiasi



Gambar 4.3 Hasil polaradiasi berdasarkan elevasi



Gambar 4.4 Hasil polaradiasi berdasarkan azimuth

Dari hasil yang didapatkan terlihat bahwa ada perbedaan pada pola radiasi baik arah azimuth maupun elevasi antara hasil simulasi dengan hasil realisasi. Hal ini terjadi karena ada beberapa faktor yang menyebabkan adanya penyimpangan hasil pengukuran dibandingkan hasil simulasi yaitu pengukuran yang dilakukan secara manual yang menyebabkan tidak pas dan pengarahannya dan adanya interferensi dari sinyal lain saat di ruang pengukuran. Tetapi dari hasil simulasi dan realisasi di atas menunjukkan bahwa jenis pola radiasi *unidirectional* karena adanya daya terbesar yang mengarah pada salah satu sudut. Hal ini sudah sesuai spesifikasi awal antenna yang diinginkan yaitu mempunyai pola radiasi *unidirectional*.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Hasil VSWR setelah optimasi dan hasil pengukuran realisasi antenna sudah memenuhi spesifikasi antenna

yang diinginkan yaitu  $\leq -1.5$  dB.

2. Hasil *Return Loss* setelah optimasi dan hasil pengukuran realisasi antenna sudah memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan yaitu  $\leq -15$  dB.
3. Polaradiasi antenna yang dirancang dan direalisasikan memiliki bentuk pola radiasi *Unidirectional*
4. Antenna memiliki polarisasi elips dengan nilai axial ratio 3.16227
5. Hasil pengukuran tidak sama persis dengan simulasi. Hal ini disebabkan karena adanya faktor dari tingkat ketelitian pada saat fabrikasi dan pengaruh kondisi lingkungan yang tidak ideal.
6. Antenna yang dirancang dengan *trident-shaped feed* menghasilkan *bandwidth* yang lebar dibandingkan dengan *single feed*
7. Penggunaan teknik pencatutan microstrip feed line sangat cocok dengan kebutuhan spesifikasi antenna, Penyepadanan impedansi pada teknik ini juga lebih sederhana jika dibandingkan dengan teknik pencatutan yang lain.

### 5.2 Saran

Dalam proses fabrikasi antenna lebih baik dilaksanakan dengan tingkat ketelitian yang tinggi agar hasilnya tidak jauh berbeda dengan simulasi karena perubahan sekecil apapun mempengaruhi hasil pada saat pengukuran.

- 1 Dalam proses pengukuran disarankan untuk melakukan ditempat yang minim daya

pantul dan juga steril dari interferensi agar mendapat hasil yang maksimal.

2. Antena hasil perancangan tugas akhir ini dapat dilakukan penelitian selanjutnya dengan menggunakan frekuensi lain pada ESM atau metode lain dimana memiliki dimensi yang lebih kecil dan memenuhi spesifikasi untuk menghemat bahan.
3. Melakukan uji coba performansi lebih dalam lagi pada sistem *electronic support measure* pada frekuensi S-Band.
4. Disarankan untuk mencoba dengan bahan selain kuningan atau dengan ketebalan yang berbeda, untuk melihat perubahan dan pengaruh bahan pada nilai *VSWR, Return Loss, bandwidth, polarisasi*, serta gain dan polaradiasi.

H. H. Chotimah, Rancangan Dan Realisasi [5] Antena Horn Conical Pada Frekuensi KU-Band 12-18 GHz Untuk Electronic Support Measure, Bandung: Universitas Telkom, 2015.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Statiscs Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2015," Statistics Indonesia, Indonesia, 2015.
- [2] T. PPET-LIPI, Penelitian dan Pengembangan RF Head dan Baseband Processing Electronic Support Measure (ESM), Bandung: LIPI, 2012.
- [3] H. H. Chotimah, Rancangan Dan Realisasi Antena Horn Conical Pada Frekuensi KU-Band 12-18 GHz Untuk Electronic Support Measure, Bandung: Universitas Telkom, 2015.
- [4] T. PPET-LIPI, Penelitian dan Pengembangan RF Head dan Baseband Processing Electronic Support Measure (ESM), Bandung: LIPI, 2012.