

PERANCANGAN DAN REALISASAI ANTENA HORN CONICAL PADA FREKUENSI 4-18 GHz UNTUK ELECTRONIC SUPPORT MEASURES

DESIGN AND REALIZATION HORN CONICAL ANTENNA OF 4-18 GHz FREQUENCY FOR ELECTRONIC SUPPORT MEASURES

Adiasa Surya Wardhana¹, Tengku Ahmad Riza², Yuyu Wahyu³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³PPET-LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

¹ adiasawardhana13th@gmail.com, ² tengku.riza@gmail.com, ³ yuyu@ppete.lipi.go.id

ABSTRAK

Didalam kemajuan teknologi pada saat ini, banyak negara-negara yang berlomba untuk meningkatkan kemampuan dalam perang elektronika sebagai bagian dari sistem pertahanan modern. Penelitian ini sendiri merupakan lanjutan dari penelitian mengenai perancangan antenna horn conical untuk ESM.

ESM secara umum merupakan sebuah peralatan elektronik yang berfungsi untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik kemudian sinyal tersebut diproses dan dianalisa sehingga diperoleh lokasi, kuat sinyal, dan parameter lainnya. Pada perancangan ESM ini dibutuhkan enam buah antenna *horn conical* yang mempunyai pola radiasi direksional dan polarisasi linear yang nantinya akan digunakan sebagai antenna penerima dan hasilnya dikirim ke stasiun ESM dan diproses, sehingga nantinya didapat lokasi, kuat sinyal serta parameter lainnya.

Pada tugas akhir ini, akan dirancang sebuah antenna *horn conical* yang bekerja pada frekuensi *c-band*, *x-band*, *ku-band* yaitu 4-18 GHz dengan diameter *cone* 220 mm dan panjang *cone* sebesar 270 mm. Setelah dirancang dan direalisasikan, Antena *horn conical* memiliki karakteristik bandwidth yang lebar (*wide band*) dengan polarisasi direksional yang bertujuan untuk mendukung fungsi ESM dalam menentukan lokasi dan posisi asal sinyal radar atau sinyal elektronis musuh lainnya. Karena kegunaan ESM sebagai radar detektor dengan sifat sebagai penerima (*receiver*) dibutuhkan VSWR dibawah 2. Antena *horn conical* dirancang menggunakan plat kuningan 1 mm yang dibentuk kerucut, Pada antenna *monopole*-nya dipasang menggunakan matching impedance $\frac{1}{4} \lambda$, agar matching impedansi antara antenna dengan konektor bernilai 50 Ω . Hasil realisasi antenna sesuai dengan kebutuhan, dengan VSWR 5-18 Ghz dibawah 2 kecuali frekuensi 4 namun dapat dimaklumi, Gain diatas 15 dB, dan Pola radiasi unidireksional.

Kata kunci : Antena Horn Conical, Circular Waveguide, ESM.

ABSTRACT

In the current technological advances, many countries have sought to improve their skills in electronic warfare as part of a modern defense system. This project is a following project about Design and Realization Horn Conical Antenna.

ESM in general is an electronic device that functions to receive electromagnetic wave signal then the signal is processed and analyzed in order to obtain the location, signal strength, and other parameters. In designing this ESM takes six conical horn antenna having a directional radiation pattern and linear polarization which will be used as a receiving antenna and the results are sent to the ESM station and processed, so that later acquired location, signal strength and other parameters.

In this thesis, we will design a conical horn antenna that works on C – band, X-Band, Ku-Band and the frequency is 4-18 GHz with diameter of a cone 220 mm and length of a cone 270 mm. Having designed and realized, conical horn antenna has a wide bandwidth characteristics (*wide band*) with a directional radiation pattern which aims to support the ESM function in determining the location and position of the origin of the radar signals or other enemy electronic signals. Because of utility ESM as radar detector with nature as a receiver takes VSWR below 2. conical horn antenna was designed using 0.4 mm brass plate shaped cone, In the monopole antenna was installed using impedance matching $\frac{1}{4} \lambda$ so that the impedance matching between the antenna connector is worth 50 Ω . Result of Realization antenna just as needed, with VSWR 5-18 Ghz below 2 except frequency 4 but still in tolerated, Gain more than 15 dB, and Radiation Pattern is unidirectional.

Keywords : Conical Horn Antenna, Circular Waveguide, ESM

1. Pendahuluan

Pertahanan sebuah negara merupakan hal penting yang harus diperhatikan, baik dalam segi pertahanan militer maupun pertahanan sistem yang pada saat sekarang ini semakin maju. Indonesia merupakan negara maritim yang terdiri atas pulau-pulau, sehingga pengawasan dan penjagaan menjadi tidak mudah. Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan sistem pertahanan tersebut adalah dengan menggunakan sebuah teknologi baru

yaitu *Electronic Support Measures (ESM)* yang dapat melakukan identifikasi terhadap persenjataan musuh yang dipandu dengan sinyal RF.

ESM tersebut secara umum merupakan sebuah peralatan elektronik yang berfungsi untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik yang kemudian sinyal tersebut diproses dan dianalisa sehingga diperoleh lokasi, kuat sinyal, dan parameter lainnya. Pada perancangan ESM ini dibutuhkan antenna *horn conical* yang bekerja dalam frekuensi C-Band, X-Band, Ku-Band yaitu 4 GHz sampai 18 GHz.

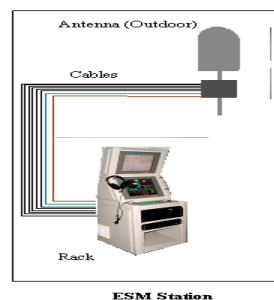
Antena merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik. Jenis antena yang akan dibuat adalah antena *horn*. Frekuensi operasi yang digunakan dalam Tugas akhir ini adalah 4-18 GHz karena frekuensi ini sudah ditetapkan dalam alokasi radar yang terdapat dalam peralatan ESM (*Electronic Support Measure*). Antena dirancang agar memiliki pola radiasi direksional untuk menentukan arah atau lokasi dari sinyal yang diterima. Antena tersebut diharapkan memiliki nilai gain ≥ 15 dBi, serta antena horn memiliki struktur yang kecil, ringan dan mempunyai nilai VSWR dibawah 2. Dalam perancangan antena akan dilakukan simulasi menggunakan simulasi menggunakan *CST Microwave Studio*. Dengan spesifikasi tersebut, diharapkan antena *Conical* akan bekerja dengan baik untuk ESM.

2. DASAR TEORI

2.1 Electronic Support Measures

Electronic Support Measures merupakan bagian dari *Electronic Warfare* yang mana didefinisikan sebagai keterlibatan aksi militer dalam penggunaan energy gelombang elektromagnetik untuk menentukan, menggali, mereduksi atau mencegah musuh dengan menggunakan spectrum gelombang elektromagnetik dan dalam aksi ini melindungi kawan sendiri dari pemacetan (*jamming*) spectrum gelombang elektromagnetik.[1]

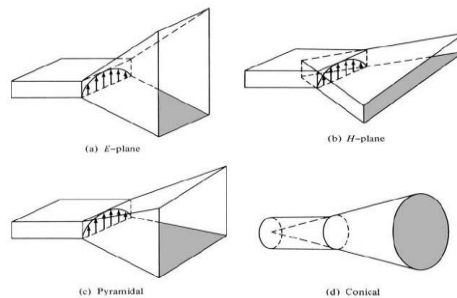
Electronic Support Measures sendiri merupakan suatu sistem telekomunikasi militer untuk memperoleh data atau parameter sinyal elektronik beserta analisisnya.[1]



Gambar 1 Electronic Support Measures Station[1]

2.2 Antena Horn Conical

Antena *horn conical* adalah antena celah (*aperture antenna*) berbasis saluran pandu gelombang lingkaran (*circular waveguide*) dengan bentuk akhir antena ini menyerupai kerucut, yang mulutnya melebar ke arah bidang medan listrik (E) dan bidang magnet (H). Antena horn conical merupakan jenis lain antena microwave. Perbedaannya terletak pada feed dari antena horn conical ini berbentuk melingkar sedangkan pada antena horn pyramidal sendiri feednya berbentuk kotak. Antena horn conical bertipe antena aperture (antena celah) yang berarti sangat berguna untuk aplikasi pada pesawat terbang dan kendaraan luar angkasa. Antenna aperture merupakan suatu antena yang mempunyai struktur berupa suatu luasan yang dilalui gelombang elektromagnetik. Konsep dari aperture ditunjukkan sangat sederhana, yaitu dengan mempertimbangkan suatu antena penerima. Andaikata bahwa antena penerima adalah suatu horn elektromagnetik yang dibenamkan didalam medan dari suatu gelombang datar serba sama.[2]



Gambar 2 Horn antenna configuration[2]

2.3 Circular Waveguide

Waveguide antenna berfungsi untuk memandu gelombang elektromagnetik yang akan dipancarkan atau diterima oleh antenna. Antena horn terdiri dari dua buah *waveguide*, yaitu *rectangular waveguide* dan *circular waveguide*. *Circular waveguide* biasanya digunakan sebagai alternatif ke *rectangular waveguide*. *Circular waveguide* mempunyai *capability* yang lebih tinggi dari *rectangular waveguide*. Pada dasarnya dalam sebuah *waveguide* terdapat tiga karakteristik yang penting, yaitu frekuensi *cut-off*, panjang gelombang *cut-off*, serta mode propagasi. Mode propagasi dari *waveguide* itu sendiri terdiri dari *transverse electric field* (TE) dan *transverse magnetic field* (TM) yang mana kedua itu disebut sebagai *transverse wave impedance*. Pada mode TE, medan magnet merambat tegak lurus pada arah perambatan gelombang. Pada mode TM, medan magnet merambat tegak lurus pada arah perambatan gelombang.[3]

3. PERANCANGAN

3.1 Tahapan Perancangan

Spesifikasi antena *horn conical*:[1]

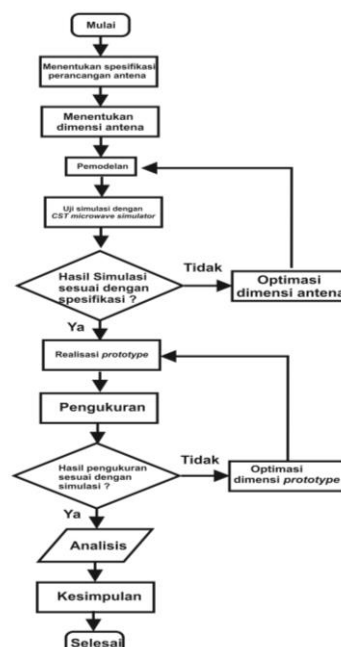
- Desain antena : *Horn Conical*
- Sifat antena : *Receiver* (penerima)
- Frekuensi kerja : 11 GHz
- Impedansi : 50 Ω
- VSWR : ≤ 2
- Pola Radiasi : Unidireksional
- Polarisasi : *Linear*
- Gain : ≥ 15 dBi
- Bahan : Kuningan

a) Perancangan dengan *software CST Microwave Studio*

Penggunaan *software* ini untuk memvisualisasikan dan menyimulasikan tahap sebelumnya. Visualisasi berupa gambar tiga dimensi dengan spesifikasi jenis bahan, ukuran, dan letak pencatutan agar bisa disimulasikan. Jenis bahan sesuai spesifikasi, yaitu kuningan (*brass*) untuk elemen antena *horn conical*. Hasil simulasi berupa parameter-parameter antena yang ditampilkan dalam bentuk grafik yang selanjutnya dianalisis untuk mengetahui karakteristik dan kinerja antena.

b) Realisasi sesuai model simulasi

Realisasi merupakan kegiatan pembuatan model simulasi ke dalam bentuk antena aslinya. Ada beberapa tahap pendukung dan jika di buat *flowchart* adalah sebagai berikut :



Gambar 3 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Perancangan Antena

Penentuan dimensi antena *horn conical* memperhatikan frekuensi kerja untuk mencari panjang gelombang (λ). Dihitung dengan rumus (3.1)[4]

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots \dots \dots (3.1)$$

Nilai c merupakan kecepatan rambat gelombang di udara dan f merupakan frekuensi tengah gelombang, menjadi persamaan (3.2) :

$$f_c = \frac{f_L + f_H}{2} = \frac{4 \times 10^9 + 18 \times 10^9}{2} = 11 \times 10^9 = 11 \text{ GHz} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\lambda = \frac{C}{f_c} = \frac{3 \times 10^8}{11 \times 10^9} = 27 \text{ mm}$$

3.2.1 Perancangan Waveguide

Pada perancangan ini ukuran diameter *waveguide* tidak mengacu pada standar *EIA (Electronic Industry Association)*, karena standar *EIA* hanya digunakan untuk singleband. Namun untuk broadband menggunakan rumus *waveguide* pada broadband, yaitu :

- Diameter Waveguide (d) : $4 \lambda_h \dots \dots \dots (3.5)$

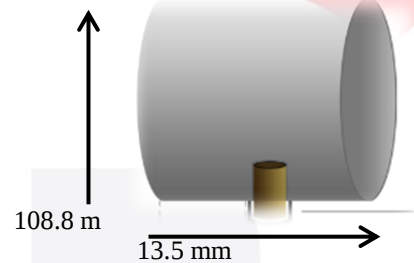
$$d = 4 \times 27,2 \text{ mm}$$

$$d = 108,8 \text{ mm}$$

- Panjang Waveguide (l) : $\frac{1}{2} \lambda_h \dots \dots \dots (3.6)$

$$l = \frac{1}{2} \times 27,2 \text{ mm}$$

$$l = 13,5 \text{ mm}$$



Gambar 3.5 Circular Waveguide^[4]

3.2.2 Perancangan Cone

Antena ini dibuat dari bahan tembaga dengan pertimbangan penghantar yang baik, mudah disolder, dan memiliki tekstur yang cukup lunak. Untuk membuat antena ini menggunakan saluran koaksial, maka dimensi yang dibuat berupa lingkaran pada bagian atas dan bawah sehingga dibutuhkan perhitungan lebih lanjut seperti dibawah ini

$$L = 10 \lambda_h \dots \dots \dots (3.7)$$

$$L = 10 \cdot 27,2 \text{ mm}$$

$$L = 272 \text{ mm}$$

$$a = 8 \lambda_h \dots \dots \dots (3.8)$$

$$a = 8 \times 27,2 \text{ mm}$$

$$a = 217,6 \text{ mm}$$

3.2.3 Perancangan Monopole

Bahan yang digunakan untuk antena monopole yaitu menggunakan tembaga yang berukuran diameter 10 mm. Setelah menentukan diameter tembaga yang akan digunakan, maka dilanjutkan dengan menentukan panjang monopole sebagai berikut :

$$\ell = \frac{\lambda_m}{4} \dots \dots \dots (3.9)$$

$$\ell = \frac{75}{4} = 18,75 \text{ mm} = 1,9 \text{ cm}$$

Jarak monopole terhadap diameter *waveguide* (r_{ga}) dapat dihitung dengan rumus :

$$r_{ga} = \frac{1}{2} l \dots \dots \dots (3.10)$$

$$r_{ga} = 6,75 \text{ mm}$$

4. ANALISIS DAN IMPLEMENTASI ANTENA

4.1 Pengukuran *Return Loss*, *VSWR*, dan Impedansi

Pengukuran dengan *Network Analyzer* ini dilakukan dengan rentang frekuensi dari 4 GHz sampai dengan 18 GHz. Hasil pengukurannya adalah sebagai berikut:

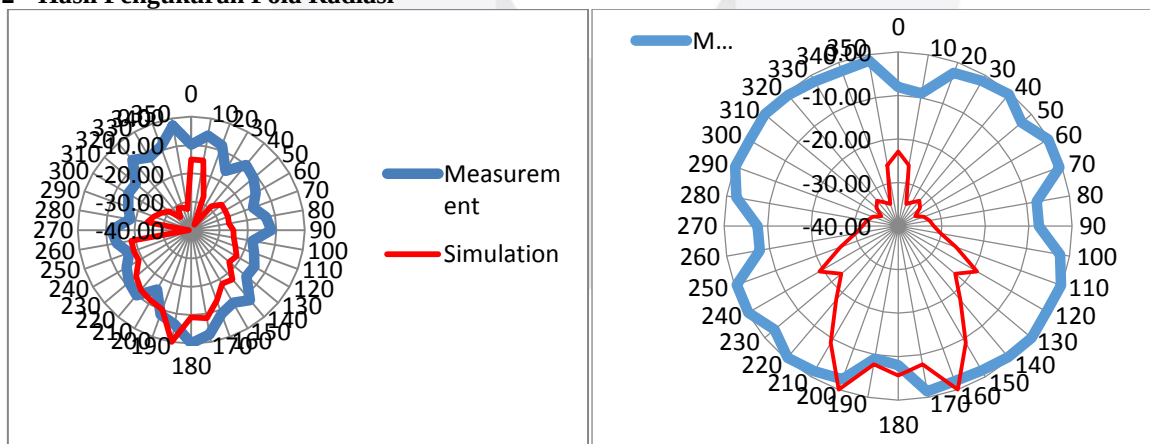


Gambar 7 Grafik Pengukuran (a) *VSWR*, (b) *Return Loss*, (c) Impedansi

Tabel 2 Hasil Pengukuran *VSWR*, *Return Loss*, Impedansi

Frekuensi (GHz)	VSWR	Return Loss (dB)	Impedansi (Ω)	
			Riil	Imajiner
4	2.034	-9.347	62.477	-38.569
6	1.851	-10.501	27.076	-1.758
8	1.232	-19.662	61.562	754.405m
10	1.150	-23.172	50.396	-7.081
11	1.078	-28.428	48.981	-3.612
13	1.332	-16.912	37.681	-1.716
15	1.117	-25.160	55.464	2.044
17	1.057	-31.273	50.087	-2.773
18	1.137	-23.839	54.254	-5.187

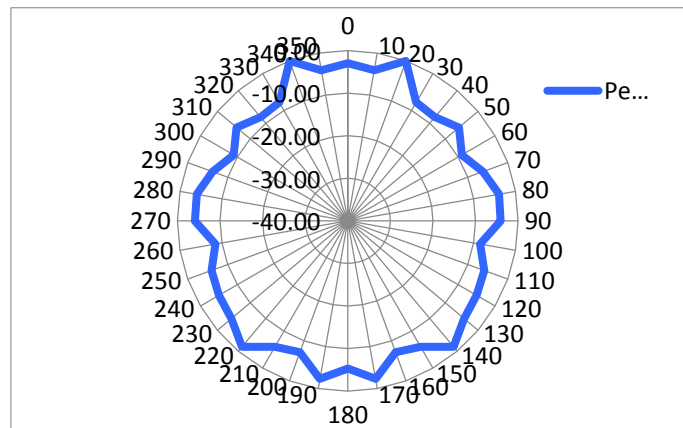
4.2 Hasil Pengukuran Pola Radiasi



Gambar 8 Grafik Perbandingan Azimuth dan Elevasi antara Realisasi dan Simulasi

Dari gambar 8 dapat terlihat bahwa pola radiasi baik secara azimuth maupun elevasi terdapat perbedaan yang besar. Pola radiasi yang diharapkan dalam unidireksional. Namun hasil tersebut ada beberapa penyimpangan atau belum ideal

4.3 Hasil Pengukuran Polarisasi



Gambar 9 Grafik Pengukuran Polarisasi

Tabel 3 Hasil Pengukuran Polarisasi

Sudut	Level Terima (dBm)	Sudut	Level Terima (dBm)
0	47.45	180	49.77
10	48.55	190	46.77
20	44.49	200	51.65
30	52.34	210	50.32
40	52.67	220	45.86
50	50.34	230	48.78
60	53.54	240	49.56
70	50.68	250	50.39
80	48.44	260	52.89
90	48.60	270	48.60
100	52.89	280	48.44
110	50.39	290	50.68
120	49.56	300	53.56
130	48.78	310	50.34
140	45.86	320	52.67
150	50.32	330	52.34
160	51.65	340	44.50
170	46.77	350	48.55

4.4 Hasil Pengukuran Gain

Tabel 4 Hasil Pengukuran Gain

Pengukuran	Antena	
	AUT	Referensi
1	-35.68	-39.00
2	-34.68	-39.04
3	-36.68	-39.18
4	-35.68	-38.90
5	-35.76	-39.08
6	-35.60	-39.04
7	-35.88	-39.24
8	-35.48	-38.84
9	-35.78	-39.14
10	-35.58	-38.94
Rata-Rata	-35.68	-39.04

Tabel 5 Perbandingan Gain Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Simulasi	Pengukuran
Gain (dBi)	19.35	15.36

4.5 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Realisasi

Parameter		Spesifikasi yang diharapkan	Spesifikasi simulasi	Realisasi
Frekuensi kerja (VSWR ≤ 2)		4-18 GHz	4-18 GHz	4-18 GHz
VSWR	4 GHz	≤ 2	1.6235	2.034
	6 GHz	≤ 2	1.3033	1.851
	8 GHz	≤ 2	1.4755	1.232
	10 GHz	≤ 2	1.1348	1.150
	11 GHz	≤ 2	1.0774	1.078
	13 GHz	≤ 2	1.2819	1.332
	15 GHz	≤ 2	1.5368	1.117
	17 GHz	≤ 2	1.2362	1.031
	18 GHz	≤ 2	1.1384	1.057
Impedansi	4 GHz	50 Ω	63.0100 + j31.6726	62.477-j38.569
	6 GHz	50 Ω	66.8062 + j17.8915	27.076-j1.758
	8 GHz	50 Ω	75.7065 - j27.4181	61.562+j0.754
	10 GHz	50 Ω	62.3790 + j5.0832	50.396-j7.081
	11 GHz	50 Ω	68.6419 + j5.1215	48.981-j3.612
	13 GHz	50 Ω	57.5601 + j10.7769	37.681-j1.716
	15 GHz	50 Ω	103.5415 - j11.7157	55.464+j2.044

	17 GHz	50 Ω	64.3303 + j13.3747	50.087-j2.773
	18 GHz	50 Ω	78.1781 – j2.2083	54.254-j5.187
Gain		≤ 15 dBi	19.35 dBi	11.55 dBi
Polarisasi		Linear	Linear	Elips mendekati linear

Tabel 6 Perbandingan hasil simulasi awal, optimasi simulasi dan realisasi

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Antena *horn conical* sudah dapat bekerja dengan baik pada frekuensi kerja 11 GHz dengan VSWR simulasi bernilai 1.0774 dan VSWR realisasi bernilai 1.581 yang artinya sudah memenuhi spesifikasi VSWR yang diharapkan yaitu $VSWR \leq 2$.
2. Nilai *Return Loss* pada simulasi bernilai -28.618 dB dan pada realisasi bernilai -12.922 dB yang artinya redaman pada realisasi lebih kecil daripada redaman pada simulasi dan sudah memenuhi spesifikasi yang diharapkan yaitu -9 dB
3. Nilai impedansi pada simulasi bernilai $68.6419 + j5.1215 \Omega$ dan pada realisasi bernilai $43.302 + j15.580 \Omega$ yang artinya terdapat perbedaan sekiranya 20Ω antara simulasi dan realisasi.
4. Bandwidth yang diperoleh pada antena ini adalah sebesar 14 GHz.
5. Polarisasi yang didapat dari hasil simulasi adalah polarisasi linear, namun pada pengukuran didapat polarisasi *elips* (AR=4.5350 dB) karena banyaknya factor yang mempengaruhi pada saat pengukuran.
6. Bentuk Polaradiasi yang diperoleh adalah unidireksional, dikarenakan nilai FBR realisasi sebesar 15 dB dan FBR simulasi sebesar 8.7 dB. Terlihat walaupun ada terjadi sedikit perbedaan hasil simulasi dan pengukuran yang dikarenakan kondisi pengukuran yang kurang sempurna akibat adanya pantulan sinyal.
7. *Gain* pengukuran yang didapat lebih kecil dibanding hasil simulasi yaitu 19.35 dBi pada pengukuran dan 15.36 dBi pada saat simulasi dikarenakan tidak kondusifnya tempat pengukuran dan tidak dilakukan di *anechoic chamber* sehingga banyak pantulan-pantulan sinyal yang terjadi, namun masih belum memenuhi spesifikasi awal antena, yaitu ≥ 15 dBi.

5.2 Saran

Dalam perancangan antena biasanya terdapat penyimpangan terhadap karakteristik yang diinginkan, sehingga untuk mendapatkan performansi antena yang cukup baik, maka ada beberapa hal yang bisa dijadikan saran sebagai perkembangan kedepannya, antara lain:

1. Dalam merealisasikan antena, sebaiknya ukuran hasil konstruksi hasil rancangan harus persis karena antena yang dibuat dalam frekuensi tinggi, sehingga selisih 1 mm saja cukup mempengaruhi karakteristik yang diperoleh.
2. Dapat dilakukan dengan frekuensi lainnya yang lebih tinggi. Karena semakin berkembangnya teknologi, semakin tinggi lagi frekuensi yang digunakan dalam alat perang, tergantung dengan adanya teknologi jika ada yang lebih tinggi dari ESM.
3. Bisa dicoba dengan memakai bahan selain kuningan atau dengan ketebalan yang berbeda.
4. Pengukuran sebaiknya dilakukan di suatu ruangan yang benar-benar memenuhi syarat pengukuran seperti *anechoic chamber*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia), Proposal of EW System, Bandung. 2013.
- [2] Sudirman Maliang, MATA KULIAH TOPIK KHUSUS ANTENA, Universitas Hasanudin, 2010
- [3] Balanis, Constantine A, “*Antenna Theory : Analysis and Design*”, (3rd ed). New York: John Wiley & Sons, Inc. 2005
- [4] Mulia, A N “Perancangan dan Realisasi Antena Horn Conical pada Frekuensi C-Band Untuk Electronic Support Measures”, Universitas Telkom. 2014