

RANCANGAN DAN REALISASI ANTENA HORN CONICAL PADA FREKUENSI KU-BAND 12-18 GHZ UNTUK ELECTRONIC SUPPORT MEASURE

DESIGN AND REALIZATION HORN CONICAL ANTENNA OF KU-BAND FREQUENCY 12-18 GHZ FOR ELECTRONIC SUPPORT MEASURE

Hanifah Husnul Chotimah¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

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

³PPET-LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

¹ hanifahusnul@telkomuniversity.ac.id, ² heroe@telkomuniversity.ac.id, ³ yuyu@ppte.lipi.go.id

Abstrak

Dalam era perkembangan teknologi seperti saat ini Indonesia memerlukan perangkat elektronik yang canggih yang dapat membantu sistem pertahanan keamanan Indonesia, dimana Indonesia memiliki beribu pulau dengan 2/3 bagiannya merupakan wilayah lautan. Untuk meningkatkan kemampuan pertahanan dalam menjaga dan mengawasi wilayah Indonesia, Indonesia membutuhkan perangkat Electronic Support Measure (ESM). ESM ini sedang dikembangkan oleh LIPI untuk nantinya digunakan dalam sistem keamanan Indonesia.

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. Salah satu subsistem penting dalam ESM adalah subsistem antenna sebagai penerima sinyal gelombang elektromagnetik. Pada perancangan ESM ini dibutuhkan antenna horn conical yang bekerja dalam frekuensi Ku-Band (12GHz sampai 18GHz). Antena horn conical dibutuhkan pada ESM karena antenna horn conical memiliki gain yang relatif besar sehingga daya terima sinyal gelombang elektromagnetik lebih sensitif dan akurat terhadap sinyal musuh.

Antena horn conical dirancang di frekuensi Ku-Band (12 GHz sampai 18 GHz) dengan dimensi diameter cone 116.66 mm dan panjang cone 200 mm. Dari hasil perealisasi antenna pada tugas akhir ini menunjukkan pada frekuensi 12GHz menunjukkan nilai impedansi $51.81 + j0.488\Omega$ dan VSWR 1.076, pada frekuensi 15GHz menunjukkan nilai impedansi $43.81 - j5.10\Omega$ dan VSWR 1.216, dan pada frekuensi 18GHz menunjukkan nilai impedansi $42.92 - j1.97\Omega$. Dengan nilai gain antenna sebesar 12dB, memiliki pola radiasi unidireksional, memiliki polarisasi berbentuk sirkular

Kata Kunci - Antena Horn Conical, Ku-Band, ESM.

Abstract

In the era of technological developments such as today Indonesia requires sophisticated electronic devices that can help the Indonesian security defense system, which Indonesia has thousands of islands with a 2/3 share of a sea area. To enhance the defense capabilities in maintaining and overseeing the territory of Indonesia, Indonesia need the Electronic Support Measures (ESM). ESM is being developed by LIPI for later use in security systems Indonesia.

ESM in general is an electronic device that functions to receive an electromagnetic wave signal, then the signal is processed and analyzed in order to obtain the location, signal strength and other parameters. One important subsystem in the ESM is a subsystem of antenna as a signal receiver of electromagnetic waves. In the design of this ESM needed conical horn antenna working in the Ku-band (12GHz to 18GHz). Conical horn antenna is needed in ESM because the conical horn antennas have a relatively large gain so that the electromagnetic wave signal received power is more sensitive and accurate against to signal the enemy.

Conical horn antenna is designed in the Ku-band (12 GHz to 18 GHz) with dimensions of 116.66 mm cone diameter and 200 mm long cone. From the results of the realization of the antenna in this final show at a frequency of 12GHz shows impedance values and VSWR $51.81 + j0.488\Omega$ 1076, at a frequency of 15GHz shows the value $-j5.10\Omega$ 43.81 impedance and VSWR 1216, and at a frequency of 18GHz shows impedance value $-j1$ 42.92. 97 Ω . With the value of the antenna gain of 12dB, has a radiation pattern unidireksional, has a circular shaped polarization.

Keyword - Conical Horn Antenna, Ku-Band, ESM.

1. PENDAHULUAN

Sistem keamanan dan pertahanan suatu wilayah merupakan hal yang sangat penting dalam suatu Negara, terutama Negara kepulauan seperti Indonesia. Dalam hal ini untuk mengawasi dan menjaga keamanan wilayah merupakan tugas yang sulit bagi pemerintah terutama TNI angkatan laut. Maka dari itu diperlukan sebuah teknologi yang dapat mengawasi dan mengamankan wilayah kepulauan Indonesia yang sangat luas ini yaitu dengan ESM[6]. ESM ini sendiri sedang dikembangkan oleh LIPI.

ESM secara umum adalah sebuah peralatan elektronik yang berfungsi untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik, kemudian sinyal tersebut diproses dan dianalisa sehingga diperoleh lokasi, kuat sinyal dan

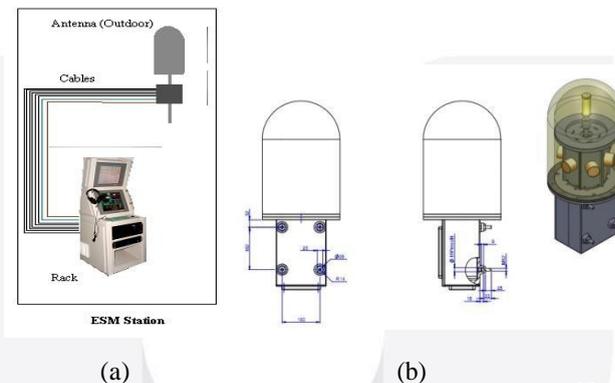
parameter lainnya. Untuk melakukan identifikasi persenjataan musuh, ESM dipandu dengan sinyal RF. Bagian utama suatu system ESM terdiri dari 3 subsistem yaitu unit Antena dan RF, unit Direction Finder dan unit Frequency Measurement and Signal Analysis. Pada perancangan ESM ini dibutuhkan dua tipe antenna yaitu antenna omnidireksional dan antenna unidireksional. Antena omnidireksional berfungsi untuk menerima sinyal dari keliling area 360o dan antenna unidireksional terdiri dari 6 atau 8 buah antenna yang memiliki frekuensi yang berbeda-beda yang nantinya disusun membentuk sudut 360°. Antena unidireksional ini berfungsi sebagai penerima sinyal untuk menentukan lokasi dan posisi asal sinyal radar musuh. Dalam tugas akhir ini antenna horn yang dirancang bekerja dalam frekuensi Ku-Band (12 GHz sampai 18 GHz).[5]

Antena horn merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Digunakan antena horn karena mempunyai gain yang tinggi, VSWR yang rendah, lebar pita (bandwidth) yang relatif besar agar dapat menerima sensitivitas sinyal dan akurasi posisi yang tinggi guna mengidentifikasi tipe dan lokasi radar persenjataan elektronik musuh. Frekuensi operasi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah 12-18 GHz, karena frekuensi ini sudah ditetapkan dalam alokasi radar yang terdapat dalam peralatan ESM. Antena dirancang agar memiliki gain $\pm 20\text{dB}$ dan nilai VSWR dibawah 2.

2. DASAR TEORI/MATERIAL DAN METODOLOGI/PERANCANGAN

2.1 ELECTRONIC SUPPORT MEASURE

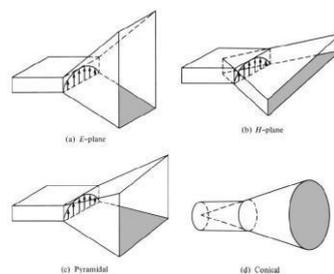
Electronic Support Measure (ESM) merupakan bagian dari Electronic Warfare (EW). Perangkat ESM terdiri dari beberapa komponen yaitu display, kompas, prosesor, antena, dan receive. Antena yang dibutuhkan untuk memenuhi spesifikasi ESM yaitu antena horn. Antena yang digunakan pada ESM dapat dilihat pada Gambar 1. [3]



Gambar 1 (a) ESM station^[3] (b) Antena Outdoor ESM^[5]

Ku -Band adalah bagian dari gelombang microwave, dimana gelombang microwave merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (Super High Frequency, SHF). Gelombang microwave digunakan untuk komunikasi jarak jauh seperti radar, GSO satellites, automotive dan GPS. Menurut IEEE Ku-band mempunyai rentang frekuensi 12-18 GHz. [4]

Antena horn conical adalah antena aperture yang berbasis saluran yang dipandu gelombang lingkaran (circular waveguide) dengan bentuk akhir antena ini menyerupai kerucut. Bentuk antena horn conical dapat dilihat pada Gambar 2. Antena horn conical merupakan antena yang paling banyak dipakai dalam sistem komunikasi gelombang mikro karena mempunyai gain yang tinggi, VSWR yang rendah, lebar pita (bandwidth) yang relatif besar, tidak berat, dan mudah dibuat. Antena horn conical bertipe antena aperture (antena celah) yang berarti sangat berguna untuk aplikasi pada pesawat terbang dan kendaraan luar angkasa seperti radar. [5]



Gambar 2 Konfigurasi Antena Horn^[1]

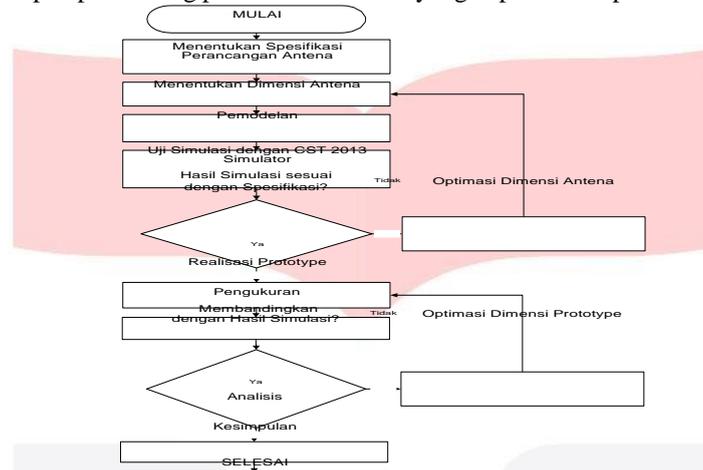
Waveguide antena berfungsi untuk memandu gelombang elektromagnetik yang akan dipancarkan atau diterima oleh antena. Pada dasarnya dalam sebuah waveguide terdapat tiga karakteristik yang

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 electric merambat tegak lurus pada arah perambatan gelombang. Pada mode TM, medan magnet merambat tegak lurus pada arah perambatan gelombang.[6]

3. PEMBAHASAN

3.1 PERANCANGAN ANTENA

Realisasi merupakan kegiatan pembentukan antenna sesuai dengan simulasi yang telah dilakukan. Berikut beberapa tahapan pendukung pembuatan antenna yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Perencanaan Sistem

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

$$\dots\dots\dots (1)$$

Nilai c merupakan kecepatan di udara dan f merupakan frekuensi tengah gelombang persamaan panjang gelombang untuk frekuensi 12GHz -18GHz adalah

$$fc = \dots =$$

$$\lambda = \dots$$

- Dimana :
- λ = Panjang gelombang di frekuensi tengah di udara
 - fc = Frekuensi tengah (GHz)
 - C = Cepat rambat cahaya
 - fL = Frekuensi bawah (GHz)
 - fH = Frekuensi atas (GHz)

3.1.1 Penentuan Dimensi Cone^[4]

Antena ini dibuat dari bahan Kuningan dengan pertimbangan penghantar yang baik, mudah disolder, dan memiliki tekstur yang cukup lunak. Dimensi antena dapat dihitung dengan :

- Perancangan dimensi cone

$$= 20\text{mm} \dots\dots\dots (2)$$

..... (3)

- Perancangan diameter cone

$$\delta_0 = 0.32\lambda = 0.32 \dots\dots\dots (4)$$

$$\delta_0 = \dots \dots\dots (5)$$

$$\theta = 2 \tan^{-1} \left(\dots \right) \dots\dots\dots (6)$$

$$a = 116.65\text{mm}$$

- $D=2a$ (7)
- $D=233.33\text{mm}$
- Dimana : L : panjang antena
- Λ : panjang gelombang
- a : jari-jari cone
- Θ : sudut cone
- D : diameter cone

3.1.2 Penentuan dimensi waveguide

Pada perancangan ini ukuran diameter waveguide mengacu pada standar EIA (Electronic Industry Association) dengan lingkaran waveguide tipe WC₅₉ yang berdiameter 15.09mm^[7]

Untuk menentukan panjang waveguide maka diperlukan pencarian mode propagasi dari circular waveguide tersebut, mode propagasi yang digunakan yaitu mode TE₁₁ didapat dengan perhitungan rumus [2]:

Frekuensi, syarat: $F_c \leq F_k$ untuk mode TE atau TM

$$(F_c)_{mn} = \frac{X_{mn}}{a} \dots\dots\dots (8)$$

- Dimana, $(F_c)_{mn}$: Frekuensi Cut-Off Mode TE/TM
- F_k : Frekuensi Kerja mode
- X_{mn} : Fungsi Bessel Mode TE/TM
- a : Jari-jari waveguide

$$\dots\dots\dots (9)$$

Pengujian mode propagasi didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan rumus 21 Dan diperoleh mode dominan yaitu mode TE₁₁, nilainya adalah :

$$\dots\dots\dots (10)$$

Agar didapatkan nilai dari panjang waveguide, maka digunakan

$$\lambda_g = \frac{2\pi a}{\sqrt{X_{mn}^2 - k^2 a^2}} \dots\dots\dots (11)$$

Mode yang digunakan adalah mode TE₁₁ karena nilai $\lambda_{c11} \geq \lambda$, dimana :

- W_c : diameter waveguide
- λ_g : panjang gelombang waveguide
- λ_c : panjang gelombang te11

Panjang waveguide dapat diperoleh dengan rumus :

$$P_g = 2\sqrt{3}.8\text{mm} \dots\dots\dots (12)$$

3.1.3 Penentuan Dimensi Monopole^[6]

Bahan yang digunakan untuk antena monopole yaitu menggunakan tembaga yang berukuran diameter 3 mm. Setelah menentukan diameter tembaga yang akan digunakan, maka dilanjutkan dengan menentukan panjang monopole sebagai berikut :

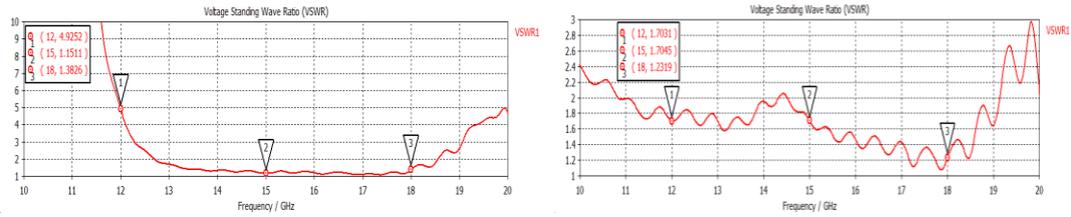
- Panjang antenna monopole (13)

- Jarak diameter waveguide ke antenna monopole (14)

Setelah melakukan simulasi dengan CST kita dapat melihat hasil perbandingan antara dimensi saat simulasi dan dimensi setelah dioptimasi :

Tabel 1 Perbandingan Dimensi Simulasi dan Optimasi

Komponen	Hasil Simulasi Awal	Hasil Optimasi
Diameter Waveguide	15.09mm	21mm
Panjang Waveguide	23.8mm	23.8mm
Jarak monopole	7.9375mm	7.9375mm
Tinggi monopole	5mm	5mm
Diameter monopole	3mm	3mm
Tinggi cone	200mm	200mm
Diameter cone	116.665mm	116.665mm



Gambar 4 VSWR Hasil Simulasi dan VSWR Loss Hasil Optimasi

3.2 Realisasi Antena

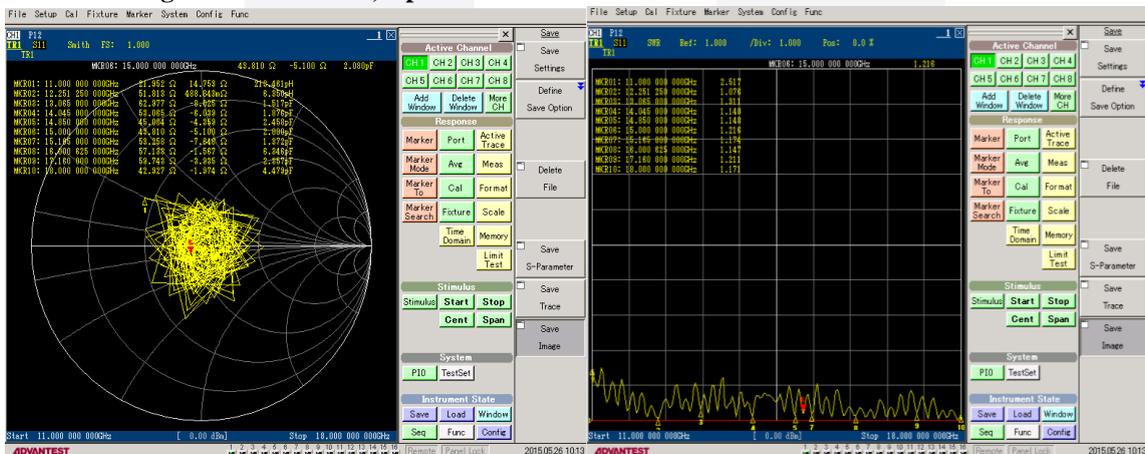
Setelah melakukan optimasi kemudian antena dicetak sesuai dengan dimensi yang sama dengan simulasi menggunakan bahan yang telah ditentukan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Hasil realisasi antena seperti terlihat pada Gambar 5.



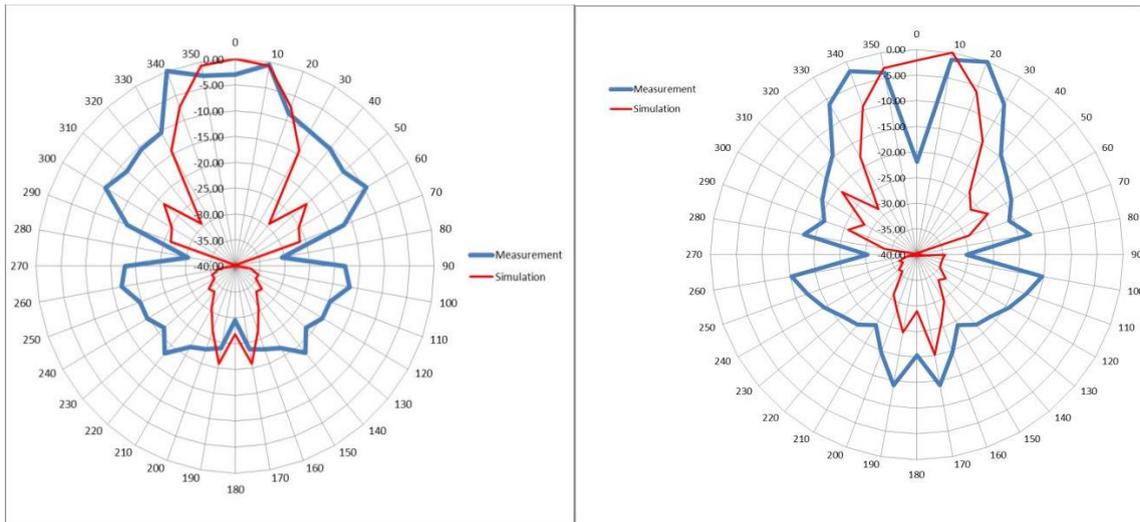
Gambar 5 Realisasi Antena

4 ANALISIS IMPLEMENTASI ANTENA

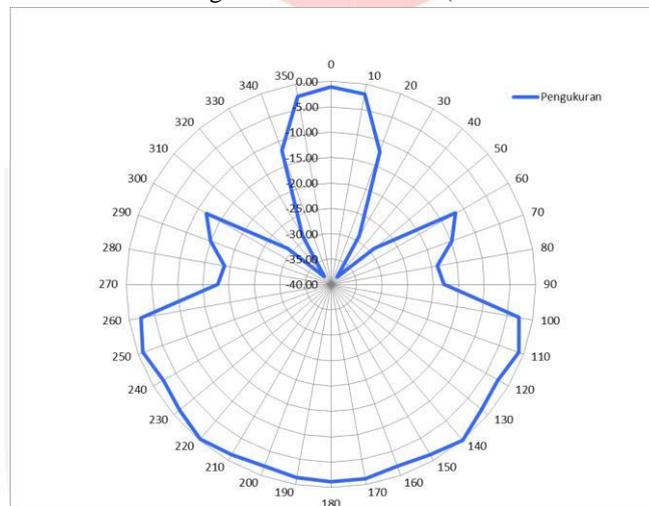
4.1 Perbandingan Hasil Simulasi, Optimasi dan Realisasi



Gambar 6 Hasil Pengukuran Impedansi dan VSWR



Gambar 7 Hasil Pengukuran Pola Radiasi (Azimuth dan Elevasi)



Gambar 8 Hasil Pengukuran Polarisasi

Tabel 2 Perbandingan Parameter Spesifikasi, Simulasi dan Realisasi

Parameter	Spesifikasi yang telah ditentukan	Simulasi	Realisasi
Frekuensi kerja	12-18 GHz	12-18 GHz	12-18 GHz
VSWR	12GHz	≤ 2	1.7004
	15GHz	≤ 2	1.7027
	18GHz	≤ 2	1.2465
Impedansi	12GHz	50Ω	29.54+j3.1786Ω
	15GHz	50Ω	40.70-j1.577Ω
	18GHz	50Ω	82.40-j12.24Ω
Gain	≥20dB	20.31dB	13.52dB
Pola radiasi	Unidireksional	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linier	Linier	Linier

4.2 Analisis Perbandingan VSWR, Impedansi, Gain, Pola Radiasi dan Polarisasi

Pada perbandingan Pengukuran parameter diatas, seperti terlihat pada tabel diatas, pada pengukuran dan hasil simulasi ini dapat dilihat bahwa pada frekuensi 12 – 18 GHz memiliki VSWR ≤ 2, dan untuk hasil pengukuran frekuensi bawah 12 GHz memiliki nilai VSWR = 1.076, frekuensi kerja 15 GHz memiliki nilai VSWR = 1.216, frekuensi atas 18 GHz memiliki nilai VSWR = 1.171. Selain itu, dari tabel diatas terlihat bahwa hasil simulasi dan hasil pengukuran memiliki perbedaan yang cukup besar pada parameter gain dan impedasnsi. Yang artinya antenna yang telah dibuat sudah mendekati spesifikasi awal yang ditentukan. Untuk frekuensi kerja ku-band, yaitu 15 GHz nilai impedansi adalah 43.810 Ω yang mendekati dari nilai impedansi yang diharapkan, yaitu 50 Ω yang artinya apabila nilai impedansi tepat 50 Ω, maka nilai VSWR akan sangat kecil, yaitu 1.00 dan pantulan sangat kecil sekali terjadi, dengan kata lain $\Gamma = 0$, maka $Z_{saltran} = Z_{antena}$. Pada saat simulasi dan dan optimasi gain dari antenna mencapai 20.31dB dan pada saat realisasi antenna hanya

memiliki gain 13.52dB ini disebabkan oleh lingkungan pengukuran yang tidak ideal, karena pengukuran tidak dilakukan di *anechoic chamber* sehingga pengukuran realisasi tidak akurat karena banyaknya pantulan dan daya yang hilang. Dari hasil simulasi, optimasi dan realisasi antenna ini memiliki pola radiasi yang sama yaitu unidireksional. Ini menunjukkan bahwa hasil pola radiasi antenna ini telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu pola radiasi unidireksional guna untuk memenuhi kebutuhan ESM. Sedangkan untuk polarisasi, hasil simulasi dan optimasi menunjukkan polarisasi linier dan hasil realisasi menunjukkan hasil polarisasi linier. Polarisasi linier ini telah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan oleh ESM.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran pada saat merealisasikan antenna menunjukkan VSWR bernilai 1.216, impedansi bernilai $43.81\Omega - j5.10\Omega$, memiliki pola radiasi unidireksional, polarisasi yang dihasilkan polarisasi linier serta nilai gain sebesar 13.52B. Sedangkan pada saat simulasi menunjukkan VSWR sebesar 1.7004, impedansi bernilai $40.70\Omega - j1.577\Omega$, pola radiasi unidireksional, polarisasi yang dihasilkan polarisasi linier serta gain sebesar 20.31dB. Dari hasil pengukuran realisasi antenna dapat disimpulkan bahwa antenna ini dapat memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan untuk ESM.

5.2 Saran

Dalam merealisasikan antenna ukuran antenna harus sama persis dengan simulasi yang dilakukan agar hasil yang diperoleh sama dengan simulasi. Selain itu pengukuran dapat dilakukan pada ruangan tanpa pantulan seperti *anechoic chamber* agar memperoleh hasil yang akurat. Perlu diperhatikan juga proses fabrikasi antenna serta konektor yang digunakan harus memiliki hambatan 50Ω . Bahan yang digunakan untuk merealisasikan antenna ini dapat diganti dengan bahan lain selain kuningan atau dengan kuningan yang memiliki ketebalan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balanis, C. A. (1982). *Antenna Theory Analysis And Design*. New York.
- [2] Dhani, R. P., & Aswoyo, B. (n.d.). Perancangan Dan Pembuatan Antena Horn Dual Piramidal Dual Polarisasi Untuk Aplikasi Wimax Di Indonesia.
- [3] Indonesia, LIPI (May 2013). *Electronic Support Measure*.
- [4] John D, K., & Ronald J, M. (december 2001). *Antennas for All Application* 3rd Edition.
- [5] LIPI. (2014). *Rancang Bangun Sistem Mobile Electronic Support Measure (ESM) 2-18GHz dengan Sensitivitas Sinyal dan Akurasi Posisi Yang Tinggi untuk Identifikasi Tipe dan Lokasi Radar serta Persenjataan Elektornik Musuh*.
- [6] Mulia, A. N. (n.d.). *PERANCANGAN DAN REALISASAI ANTENA HORN CONICAL PADA FREKUENSI C-BAND UNTUK ELECTRONIC SUPPORT MEASURES*.
- [7] Wireless Technology, F. (n.d.). *Guide to Circular Waveguide*.