

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA HORN CONICAL PADA FREKUENSI C-BAND UNTUK ELEKTRONIC SUPPORT MEASURES

DESIGN AND REALIZATION HORN CONICAL ANTENNA OF C-BAND FREQUENCY FOR ELECTRONIC SUPPORT MEASURES

Afif Nichi Mulia, Tengku Ahmad Riza, S.T, M.T, Dr. Ir. Yuyu Wahyu, M.T Prodi
S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Jalan
Telekomunikasi no.1 Ters. Buah Batu Bandung 40257, Indonesia
mulia.afifaichi@gmail.com, tengku.riza@gmail.com, yuyuwahyusr@yahoo.com

Abstrak

Didalam kemajuan teknologi pada saat ini, banyak negara-negara yang berlomba untuk meningkatkan kemampuan dalam perang elektronika sebagai bagian dari sistem pertahanan modern. Perang elektronika merupakan suatu tindakan militer yang melibatkan penggunaan energi elektromagnetik yang diarahkan untuk mengendalikan, mengurangi atau menyerang spektrum elektromagnetik lawan, guna menjamin efektifitas penggunaan spektrum elektromagnetik sendiri.

ESM 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 enam buah antenna *horn conical* yang mempunyai pola radiasi direksional dan polarisasi linear yang nantinya akan digunakan sebagai antena penerima dan hasilnya dikirim ke stasiun ESM dan diproses, sehingga nantinya didapat lokasi, kuat sinyal serta parameter lainnya.

Pada penelitian ini, akan dirancang sebuah antena *horn conical* yang bekerja pada frekuensi *c-band* yaitu 6 GHz dengan diameter *cone* 250 mm dan panjang *cone* sebesar 500 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 0.4 mm yang dibentuk kerucut, serta pada *waveguide* dirancang menggunakan tipe WC 175 yang mengacu pada standar EIA (*Electronic Industry Association*) dengan menggunakan mode dominan TE 11 yang mana arah dari magnetiknya sejajar dengan arah propagasinya. Pada antena *monopole*-nya dipasang menggunakan matching impedance $\frac{1}{4}$, agar matching impedansi antara antena dengan konektor bernilai 50 Ω .

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. Electronics War is a military action involving the use of electromagnetic energy that is directed to control, reduce the electromagnetic spectrum or to attack the opponent, in order to ensure effective use of the electromagnetic spectrum itself.

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 research, we will design a conical horn antenna that works on C - band frequency is 6 GHz with diameter of a cone 250 mm and length of a cone 500 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, and the waveguide is designed using type WC 175 which refers to the standard EIA (Electronic Industry Association) with using the dominant mode TE 11 in which the direction of the magnetic parallel to the propagation direction . In the monopole antenna was installed using impedance matching $\frac{1}{4} \lambda$ so that the impedance matching between the antenna connector is worth 50Ω .

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 yaitu 4 GHz sampai 8 GHz.

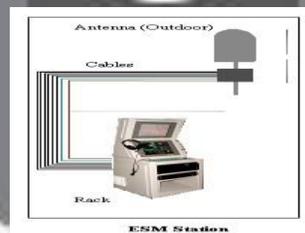
Antena merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik. Jenis antena yang akan dibuat adalah antena *horn*. Frekuensi operasi yang digunakan dalam Tugas akhir ini adalah 4-8 GHz karena frekuensi ini sudah ditetapkan dalam alokasi radar yang terdapat 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 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^[1]

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.

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

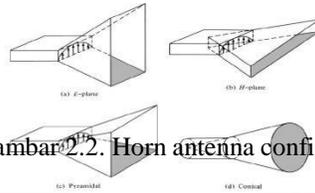


Gambar 2.1 *Electronic Support Measures Station*^[2]

2.2 Antena Horn Conical^[3]

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. Antena 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



Gambar 2.2. Horn antenna configuration^[2]

2.3 Circular Waveguide^[2]

Waveguide antena berfungsi untuk memandu gelombang elektromagnetik yang akan dipancarkan atau diterima oleh antena. 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. Perancangan dan Simulasi

3.1 Tahapan Perancangan

Spesifikasi antena *horn conical*^[1]:

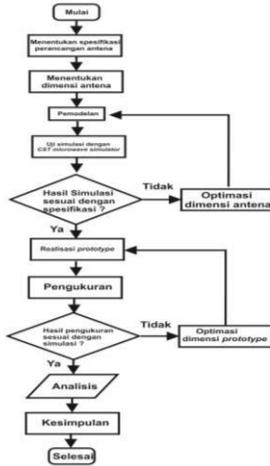
- Desain Antena : Horn Conical
- Sifat Antena : Receiver
- Frekuensi : 6 GHz
- Impedansi : 50 Ω
- VSWR : ≤ 2
- Pola Radiasi : Unidirectional
- Polarisasi : Linear
- Gain : dB
- Bahan : Kuningan

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 pencatuan 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 3.1 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]



Gambar 3.2 Antenna horn conical

$$\dots\dots\dots(3.1)$$

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

$$f = \frac{f}{2} \frac{4}{6} \frac{10}{10} \frac{10}{6} \frac{10}{6} z \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\frac{f}{f} = \frac{50}{6 \cdot 10} \text{ mm}$$

3.2.1 Perancangan Waveguide

Pada perancangan ini ukuran diameter *waveguide* mengacu pada standar *EIA (Electronic Industry Association)* dengan lingkaran *waveguide* tipe WC 175 yang berdiameter 44.45 mm^[5]. Untuk mode TE₁₁ rumusnya adalah:

$$\lambda_c = \frac{2a}{\sqrt{1 - \left(\frac{m}{a}\right)^2 - \left(\frac{n}{b}\right)^2}} = 0.075$$

Tabel 3.1 Tabel Fungsi *Bessel* mode TE dan TM^[2]

Mode	m,n	Mode	m,n
TE ₀₁	3.832	TM ₀₁	2.405
TE ₁₁	1.841	TM ₁₁	3.832
TE ₂₁	3.050	TM ₂₁	5.136
TE ₀₂	7.016	TM ₀₂	5.520
TE ₁₂	5.330	TM ₁₂	7.016

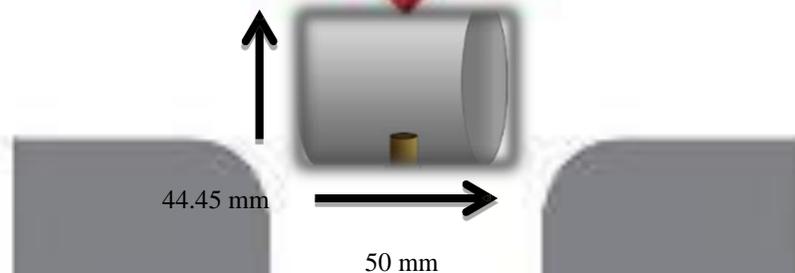
Agar didapatkan panjang gelombang didalam *waveguide* dapat menggunakan rumus:

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{m}{a}\right)^2 - \left(\frac{n}{b}\right)^2}} \dots\dots\dots(3.3) \quad \lambda_g = \frac{0.05}{0.067} = 0.067$$

Panjang *waveguide* dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_g = \lambda_g \dots\dots\dots(3.4) \quad P_g = 0.05 \text{ m} = 50 \text{ mm}$$

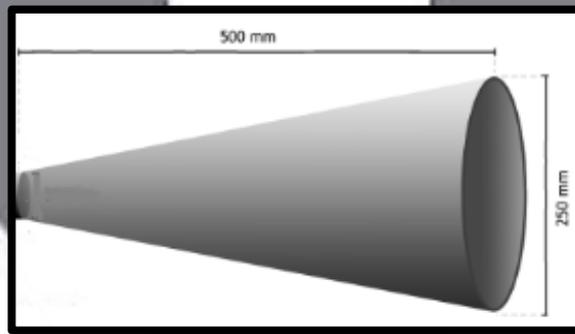
Keterangan: λ_g Panjang gelombang *waveguide*



Gambar 3.3 Circular waveguide

3.2.2 Perancangan Cone^[4]

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



Gambar 3.4 Cone antenna horn conical

$$L = 500 \text{ mm} \dots\dots\dots(3.5) \quad \theta = 16^\circ \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\tan^{-1} \left(\frac{D}{2L} \right) = 28.6^\circ \dots\dots\dots(3.6) \quad 2 \tan^{-1} \left(\frac{D}{2L} \right) = 250 \text{ mm} \dots\dots\dots(3.8)$$

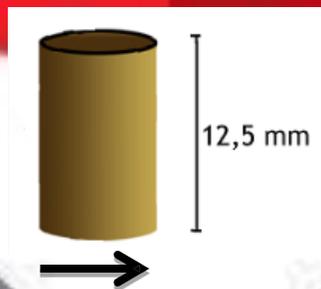
Dimana: θ Sudut horn
 L = Panjang dari horn
 D = Diameter aperture cone horn

3.2.3 Perancangan Monopole

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



Gambar 3.6 Jarak monopole dari diameter waveguide



Gambar 3.7 Monopole antenna

$$r_{ga} = 0.0125 \text{ m} \quad 12.5 \text{ mm} \dots\dots\dots(3.9)$$

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

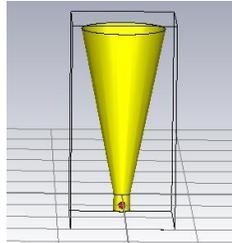
$$r_{ga} = 0.016 \text{ m} \quad 16 \text{ mm} \dots\dots\dots(3.10)$$

3.3 Simulasi Antena

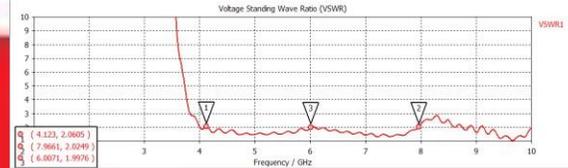
Setelah dilakukan proses optimasi pada simulasi menggunakan *CST Microwave Studi*, dibawah ini didapat dimensi yang paling optimal sebagai acuan pembuatan antenna, yaitu pada diameter *monopole* 8 mm, jarak *monopole* 20 mm, dan diameter *waveguide* 50 mm. Dapat dilihat pada tabel 3.1 dan hasil pada *CST Microwave Studio* pada gambar 3.8.

Tabel 3.1 Perbandingan Dimensi Awal Antena dengan Dimensi

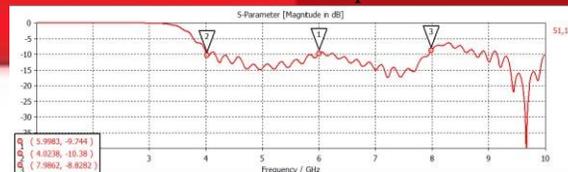
Komponen	Dimensi Awal	Dimensi Optimasi
Diameter <i>Waveguide</i>	44 mm	50 mm
Panjang <i>Waveguide</i>	50 mm	50 mm
Jarak <i>Monopole</i>	16 mm	20 mm
Tinggi <i>Monopole</i>	12.5 mm	12.5 mm
Diameter <i>Monopole</i>	3 mm	8 mm
Tinggi <i>Cone</i>	500 mm	500 mm
Diameter <i>Cone</i>	250 mm	250 mm



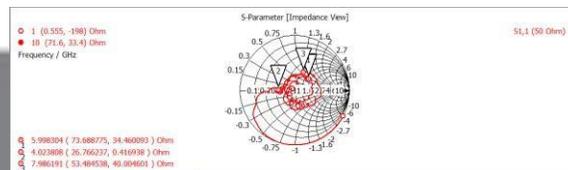
Gambar 3.8 Bentuk Antena Hasil Simulasi yang Telah di Optimasi



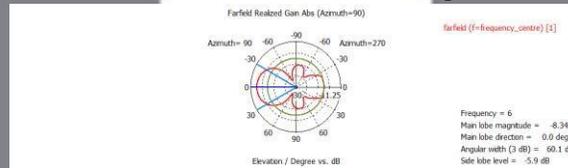
Gambar 3.9 VSWR Hasil Optimasi Simulasi



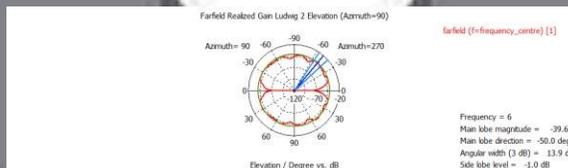
Gambar 3.10 Return Loss Hasil Optimasi Simulasi



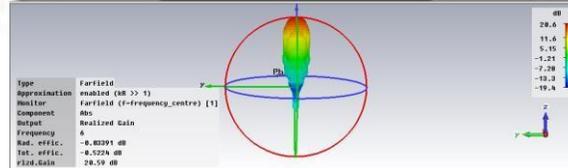
Simulasi Gambar 3.13 Polarisasi Hasil Optimasi Simulasi



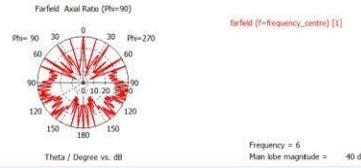
Gambar 3.14 Pola Radiasi Azimuth Hasil Optimasi Simulasi



Gambar 3.15 Pola Radiasi Elevasi Hasil Optimasi Simulasi



Gambar 3.12 Gain Hasil Optimasi Simulasi



Gambar 3.11 Smithchart Impedansi Hasil Optimasi

3.4 Realisasi Antena

Setelah melakukan simulasi dan optimasi, proses selanjutnya adalah realisasi. Dimensi dan bahan penyusun antena *horn conical* yang direalisasikan mengacu pada spesifikasi hasil dan optimasi pada bab III. Hasil antena *horn conical* untuk frekuensi kerja c-band 6 GHz dapat dilihat pada gambar 3.16 dibawah ini.



Gambar 3.16. Antenna horn conical realization

4. Pengukuran dan Hasil Analisis

4.1 Hasil Pengukuran Return Loss, VSWR, dan Impedansi

Pengukuran dengan *Network Analyzer* ini dilakukan dengan rentang frekuensi dari 4 GHz sampai dengan 8 GHz. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran VSWR, Return Loss, Impedansi

Frekuensi (GHz)	VSWR	Return Loss (dB)	Impedansi (Ω)	
			Riil	Imajiner
4	1.693	-11.782	30.166	-5.938
6	1.679	-11.918	52.447	26.734
8	1.937	-9.919	70.582	34.317

Dari hasil pengukuran, adalah 4 GHz sedangkan nilai frekuensi atas (f_u) adalah 8 GHz sehingga bandwidth diperoleh dengan menggunakan rumus (4.1) dan (4.2) :

$$\begin{aligned}
 BW &= f_u - f_l \dots\dots\dots(4.1) \\
 &= (8-4) \text{ GHz} \\
 &= 4 \text{ GHz}
 \end{aligned}$$

Dalam Bentuk persentase :

$$\begin{aligned}
 \frac{4}{6} &\dots\dots\dots(4.2) \\
 &= 66.67 \%
 \end{aligned}$$

4.2 Analisis Hasil Pengukuran VSWR, Return Loss, dan Impedansi

Hasil perhitungan menggunakan rumus (4.1) menghasilkan bandwidth pada antena sebesar 4 GHz dan hasil perhitungan menggunakan rumus (4.2) menunjukkan hasil persentase lebar bandwidth fraksionalnya sebesar 66.67%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa antena *horn conical* dapat disebut sebagai antena *ultra-wideband* karena memenuhi persyaratan lebar bandwidth $\geq 500 \text{ M z}$ dan lebar bandwidth fraksionalnya $\geq 20 \%$

Tabel 4.2 Perbandingan VSWR dan Return Loss Simulasi dan Pengukuran

Frekuensi (GHz)	VSWR		Return Loss	
	Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran
4	2.0605	1.693	-10.38	-11.782
6	2.0249	1.679	- 9.774	-11.918
8	1.9976	1.937	-8.8282	-9.919

Pada perbandingan Pengukuran parameter diatas, seperti terlihat pada Tabel 4.2 diatas, pada pengukuran dan hasil simulasi ini dapat dilihat bahwa pada frekuensi 4 – z memiliki $VSWR \leq 2$, dan untuk hasil pengukuran frekuensi bawah 4 GHz memiliki nilai $VSWR = 1.693$, frekuensi kerja 6 GHz memiliki nilai $VSWR = 1.679$, frekuensi atas 8 GHz memiliki nilai $VSWR = 1.937$.

Selain itu, dari Tabel 4.2 terlihat bahwa hasil simulasi dan hasil pengukuran tidak memiliki perbedaan yang besar. Yang artinya antenna yang telah dibuat telah sesuai dengan spesifikasi awal yang ditentukan dan bahkan lebih bagus dari hasil simulasi.

4.3 Analisis dan Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Dari hasil pengukuran dapat terlihat pola radiasi baik secara azimuth maupun elevasi. Hasil yang terjadi sudah mendekati spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Pola radiasi yang dimaksud adalah unidireksional. Namun hasil tersebut ada beberapa penyimpangan atau belum ideal. Hal ini dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya penyimpangan.

1. Pengukuran tidak dilakukan di ruangan *anechoic chamber* yang memungkinkan terjadinya pantulan-pantulan sinyal.
2. Pengukuran dilakukan diruang yang tidak menutup kemungkinan adanya interferensi sinyal dari sistem lain.
3. Kondisi pada saat pengukuran dilakukan, sedikit mendung yang mengakibatkan terjadinya perubahan suhu udara yang mempengaruhi perilaku gelombang pancar.
4. Perangkat untuk pengukuran yang masih manual, yaitu pengarahannya secara manual, sehingga pengarahannya yang mungkin masih kurang presisi.

4.4 Analisis dan Hasil Pengukuran Polarisasi

Dari hasil pengukuran didapatkan daya terima maksimum adalah pada sudut 0^0 dan daya terima minimum adalah pada sudut 320^0 .

Daya terima maksimum (sumbu *mayor*) = $-44.56 \text{ dBm} = 3.49944 \times 10^{-8} \text{ Watt}$

Daya terima minimum (sumbu *minor*) = $-55.28 \text{ dBm} = 2.9648 \times 10^{-9} \text{ Watt}$

Dengan analisis rasio kuat medan elektrik, maka dapat diketahui tipe polarisasinya. Untuk mendapatkan besar kuat medan elektrik, maka digunakan penurunan rumus sebagai berikut:

$$\frac{P}{A} = \dots\dots\dots(4.3) \qquad \dots\dots\dots(4.4)$$

$$\left(\frac{E}{r} \right) = \dots\dots\dots \left(\frac{E}{r} \right)$$

Maka, $\dots\dots\dots(4.5)$

Dengan persamaan diatas didapat

$$\sqrt{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots(4.6)$$

Maka rasio kuat medan elektrik (numerik) adalah sebagai berikut:

$$\text{Rasio kuat medan elektrik} = \frac{\sqrt{\dots\dots\dots}}{\sqrt{\dots\dots\dots}} = \frac{\sqrt{\dots\dots\dots}}{\sqrt{\dots\dots\dots}} = 3.4356 = 5.36 \text{ dB} \dots\dots\dots(4.7)$$

Sehingga dari perhitungan rasio kuat medan elektrik dapat diketahui bahwa *Antena Under Test* (AUT) berpolarisasi mendekati *elips* (berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan) karena polarisasi linier *axial ratio*-nya sama dengan 0 atau mendekati ∞ sedangkan *axial ratio* untuk polarisasi sirkular sama dengan 1, yang berarti nilai *axial ratio* elips adalah $1 < AR < \infty$. Dan antenna yang telah direalisasikan memiliki nilai *axial ratio* sebesar 5.36 dB yang artinya antenna tersebut memiliki polarisasi mendekati *elips*. Pengukuran polarisasi bisa dibilang tidak ideal karena tidak dilakukan di *anechoic chamber* sehingga banyak pantulan-pantulan yang terjadi.

4.4 Analisis dan Hasil Pengukuran Gain

Dari hasil pengukuran yang diperoleh seperti pada tabel dilampiran ,maka kita dapat mengetahui *gain* yang dihasilkan oleh antenna yang direalisasikan. Besarnya *gain* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus (4.8) sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perbandingan Gain Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Simulasi	Pengukuran
Gain (dBi)	20.59	15.03

...(4.8)

G_{AUT} = Gain antenna yang diukur

$P_{referensi}$ = Daya terima antenna referensi

P_{AUT} = Daya terima antenna yang diukur

$G_{referensi}$ = Gain antenna referensi, dalam pengukuran ini digunakan antenna horn dengan gain sebesar 12 dBi.

Gain antenna :

dBi = 15.03 dBi(4.)

Dari tabel diatas, kita melihat bahwa gain yang dihasilkan pada simulasi memiliki perbedaan yang kecil dengan gain yang dihasilkan dari pengukuran realisasi antenna. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa sebab, yaitu:

1. Kondisi pengukuran yang kurang ideal
2. Fabrikasi antenna yang tidak se-ideal dibandingkan dengan yang disimulasikan
3. Kondisi antenna referensi yang kurang ideal
4. Transfer daya belum maksimum akibat pe-matching-an yang kurang ideal.

4.5 Analisis dan Perbandingan Hasil Simulasi dengan Realisasi

Setelah dilakukan proses simulasi menggunakan CST Microwave Studio 2013 didapat bahwa hasil optimasi sudah mendekati dengan spesifikasi parameter antenna yang dibutuhkan kemudian dilakukan realisasi antenna horn conical. ternyata ada beberapa parameter yang hasil pengukurannya sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan sebelumnya, namun ada juga yang beberapa parameter yang kurang sesuai dengan spesifikasi awal, yang disebabkan oleh beberapa faktor, baik faktor internal maupun faktor eksternal dari antenna yang dibuat. Berikut ini hasil perbandingan antara spesifikasi parameter antenna hasil simulasi awal, optimasi simulasi dan pengukuran. Pada Tabel 4.6 dapat dilihat perbandingan hasil simulasi awal, optimasi simulasi dan realisasi.

Tabel 4.5 Perbandingan hasil simulasi awal, optimasi simulasi dan realisasi

Parameter	Spesifikasi yang diharapkan	Spesifikasi simulasi	Realisasi
Frekuensi kerja (VSWR ≤ 2)	4-8 GHz	4-8 GHz	4-8 GHz
VSWR	4 GHz	≤ 2	2,06
	6 GHz	≤ 2	2,02
	8 GHz	≤ 2	1,99
Impedansi	4 GHz	50 Ω	26,766 + j0,4169 Ω
	6 GHz	50 Ω	73,688 + j34,46 Ω
	8 GHz	50 Ω	53,4845 + j40,0046 Ω
Gain	i	20,59 dBi	15,03 dBi
Pola Radiasi	Unidireksional	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linear	Linear	Elips mendekati linear

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penyusunan Tugas Akhir ini sebagai berikut.

1. Antena *horn conical* sudah dapat bekerja dengan baik pada frekuensi kerja c-band dengan VSWR simulasi bernilai 2,02 dan VSWR realisasi bernilai 1,679 yang artinya sudah memenuhi spesifikasi VSWR yang diharapkan yaitu $VSWR \leq 2$.
2. Nilai *Return Loss* pada simulasi bernilai -9,774 dB dan pada realisasi bernilai -11.918 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 $73,688 + j34,46 \Omega$ dan pada realisasi bernilai $52,447 + j26,734 \Omega$ yang artinya terdapat perbedaan sekiranya 20Ω antara simulasi dan realisasi.
4. Bandwidth yang diperoleh pada antena ini adalah sebesar 4 GHz.
5. Polarisasi yang didapat dari hasil simulasi adalah polarisasi linear, namun pada pengukuran didapat polarisasi *elips* (AR=5.36 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, 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 15.03 dBi pada pengukuran dan 20.59 dBi pada saat simulasi dikarenakan tidak kondusifnya tempat pengukuran dan tidak dilakukan di *anechoic chamber* sehingga banyak pantulan-pantulan sinyal yang terjadi, namun masih memenuhi spesifikasi awal antena, yaitu

5.2 Saran

Beberapa hal yang bisa dijadikan saran sebagai perkembangan kedepannya, antara lain:

1. Dalam merealisasikan antena, sebaiknya ukuran hasil konstruksi hasil rancangan hasil 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 masih masuk dalam frekuensi untuk *Elektronik Support Measures*.
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] Balanis, Constantine A, "*Antenna Theory : Analysis and Design*", (3rd ed). New York: John Wiley & Sons, Inc. 2005
- [3] SUDIRMAN MALIANG, MATA KULIAH TOPIK KHUSUS ANTENA, UNIVERSITAS HASANUDDIN, 2010
- [4] Kraus, John D. 1961. *Antennas For All Applications*. New York :McGraw-Hill
- [5] Fei Teng Wireless Technology Co.,LTD, 6F, No 10-10, Guangming 9st Rd, Jhubei City, Hsinchu County 302, Taiwan(R.O.C)

