

**PERANGCANGAN ANTENA *MICROSTRIP BOWTIE* UNTUK *ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM)* PADA FREKUENSI 2-4 GHZ**

***DESIGN AND REALIZATION OF MICROSTRIP BOWTIE ANTENNA FOR ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM) ON FREQUENCY 2 – 4 GHz***

Mhd Furqan Akbar<sup>1</sup>, Achmad Ali Muayyadi<sup>2</sup>, Yuyu Wahyu<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom

<sup>1</sup>[mhdfurqanakbar@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:mhdfurqanakbar@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id](mailto:alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id),  
<sup>3</sup>[yuyu@ppet.lipi.go.id](mailto:yuyu@ppet.lipi.go.id)

**Abstrak**

ESM (*Electronics Support Measure*) merupakan perangkat elektronika yang digunakan untuk menerima sinyal elektromagnetik, melakukan pengawasan dan memonitori spektrum elektromagnetik dari radar lain. ESM harus dapat mencakup frekuensi kerja radar-radar sekitarnya, salah satunya pada frekuensi *S-band*.

Pada tugas akhir ini dibuat antena *microstrip bowtie* untuk aplikasi *Electronic Support Measure* dengan frekuensi *S-band* 2 - 4 GHz. Antena mikrostrip memiliki kelebihan diantaranya biaya yang rendah, ringan, mudah difabrikasi serta mudah untuk diproduksi secara massal. Akan tetapi, antena mikrostrip memiliki *bandwidth* sempit sehingga untuk memperlebar *bandwidth*, antena dirancang menggunakan pencatuan *couplanar waveguide*.

Perancangan antena *microstrip bowtie* mendapatkan hasil pada frekuensi tengah yaitu 3 GHz menghasilkan nilai VSWR yakni 1,222 untuk pengukuran, untuk Return loss yakni -19,986 dB untuk pengukuran dan untuk polarisasi yakni 6,720 dB yang berarti polarisasi elips dan untuk nilai Gain yakni 5,4 dB pada pengukuran. Dengan spesifikasi tersebut antena *microstrip bowtie* mampu bekerja dengan baik untuk *Electronic Support Measure*.

**Kata Kunci :** Antena mikrostrip, *Electronic Support Measure*, *Microstrip Bowtie*, *Couplanar Waveguide*

**Abstract**

ESM is electronic device that use to receive electromagnetic signal and to monitor other radar electromagnetic signal. So, it should proposed cover radar frequency signal, one of them is *S-band*.

In this final project has made *microstrip bowtie* antenna for *Electronic Support Measure* application with frequency of *S-band* 2-4 GHz. *Microstrip* antenna has advantages such as light weight, low cost, simplicity of fabrication and ease of mass production. The main drawback of the *microstrip* antennas is their narrow *bandwidth* so antenna designed use *couplanar waveguide* techniques as an alternative for wider *bandwidth*.

Design antenna *microstrip bowtie* get result, at the middle frequency that is 3 GHz yield value of VSWR that is 1,222 for measurement, for Return loss is -19,986 for measurement and, for polarization is 6, 720 dB which means elliptical polarization and for Gain value is 5.4 dB on measurement. With these specification, the *microstrip bowtie* antenna is work well for the performance of *Electronic Support Measure*.

**Keywords :** *Microstrip Antenna*, *Electronic Support Measure*, *Microstrip Bowtie*, *Couplanar Waveguide*

## 1. Pendahuluan

*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 [1]. Dengan demikian ESM dapat diterapkan guna melacak posisi musuh yang masuk ke dalam daerah kedaulatan negara Indonesia. Untuk mendukung kinerja dari sistem ESM tersebut dibutuhkan antenna yang berfungsi sebagai komponen penerima gelombang elektromagnetik sebelum di proses oleh *system signal processing* [2].

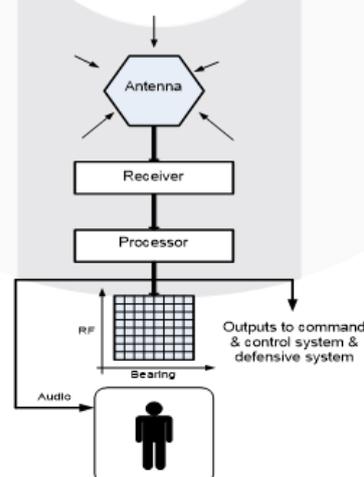
Pada penelitian sebelumnya oleh Heri Sulistiyono perancangan ESM tersebut menggunakan antenna *Log Periodic* pada frekuensi *S-band*. Sedangkan penelitian ini dirancang menggunakan antenna *microstrip bowtie* pada frekuensi yang sama. Di dalam tugas akhir ini, penulis merancang, membuat dan mensimulasikan antenna *microstrip bowtie*. Antena *bowtie* adalah salah satu jenis dari antenna *dipole biconical* karena antenna *bowtie* merupakan bentuk planar dari antenna *biconical* yang dapat bekerja pada frekuensi 1 - 2 GHz [3] bahkan juga dapat bekerja pada rentang 6,7 GHz hingga 12,45 GHz [4], dan memiliki gain yang besar beserta pola radiasi *directional*. Antena *bowtie* ini memiliki beberapa keunggulan antara lain berbentuk sederhana, berpita lebar dan mudah untuk dibuat [5].

Antena yang dirancang ini bekerja pada frekuensi *S-band* dengan *gain*  $\geq 3$  dBi. Frekuensi *S-band* yaitu 2 - 4 GHz, frekuensi tersebut ialah frekuensi yang termasuk dalam ESM. Antena tersebut dapat digunakan sebagai *receiver* gelombang elektromagnetik dan juga dapat memancarkan gelombang elektromagnetik yang tidak bisa terdeteksi oleh receiver antenna lain yang disebut *passive radar*. Antena ini juga dapat di implementasikan untuk *passive radar* di sistem keamanan negara. Simulasi antenna ini menggunakan software untuk mendapatkan parameter dari spesifikasi yang ingin di rancang oleh antenna *microstrip bowtie* tersebut yaitu VSWR yang sebesar  $\leq 2$ , dan *return loss* sebesar  $\leq -10$ . Bahan yang digunakan adalah FR-4 ( $\epsilon_r= 4,6$ ,  $h=1,6$  mm, dan  $t= 0.035$   $\mu\text{m}$ ). Diharapkan hasil perancangan dan pembuatan antenna *microstrip bowtie* 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. *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 2.1**, terdiri dari :

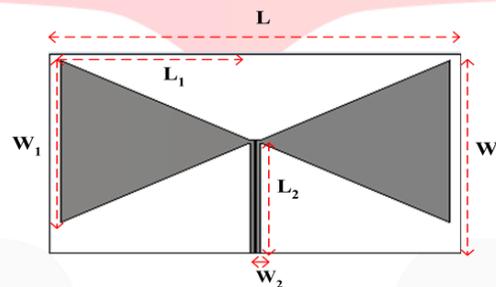


**Gambar 2.1** ESM (*Electronic Support Measure*)

## 2.2 Antena Microstrip Bowtie

Salah satu konfigurasi sederhana yang dapat digunakan untuk mencapai karakteristik *broadband* adalah antena *biconical* yang dibentuk dengan menempatkan dua kerucut secara tak terbatas bersama-sama. Hal ini dapat dianggap mewakili keseragaman saluran transmisi yang meruncing. Ini kemudian dapat digunakan untuk menemukan impedansi karakteristik dari saluran transmisi, yang juga sama dengan impedansi masukan dari geometri tak terbatas. Modifikasi terhadap ungkapan ini, untuk memperhitungkan panjang kerucut yang terbatas, akan dibuat dengan menggunakan analogi jalur transmisi.

Salah satu bentuk *patch* yang sering digunakan untuk melebarkan *bandwidth* adalah *patch bowtie*. Antena *patch bowtie* memiliki *bandwidth* yang lebih lebar dibandingkan dengan antena *patch rectangular* untuk panjang yang sama. Bentuk antena *bowtie* merupakan pengembangan desain antena dari bentuk *patch segitiga (triangle)*. Antena *bowtie* pada dasarnya termasuk dalam jenis antena *dipole* bentuk kawat dengan penambahan beberapa elemen untuk dapat melakukan pengaturan impedansi input antena. Pada perkembangan antena *bowtie* bentuk kawat dikonversi dalam bentuk *patch*. Antena *bowtie* bentuk *patch* lebih kecil dari antena *bowtie* bentuk kawat. Kelebihan bentuk *bowtie* adalah mempunyai radiator yang lebih besar. Antena *bowtie* digunakan untuk menghasilkan frekuensi kerja yang sama pada kedua polarisasinya. [6]



Gambar 2.2 Antena Microstrip Bowtie

## 2.3 Perhitungan Dimensi pada Antena

Antena microstrip bowtie bekerja pada frekuensi 2-4 Ghz. Berikut adalah perhitungan dimensi antena:

Dimensi *Patch* Antena

1. Lamda Bahan ( $\lambda_g$ ) panjang gelombang merambat di material (FR4)

$$\lambda_g = \frac{c}{f \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\lambda_g = \frac{3 \times 10^8}{(3 \times 10^9) \times \sqrt{4,6}} = 0,04662 \text{ Meter} = 46,62 \text{ mm}$$

2. Lamda Bahan ( $\lambda_g$ ) dikali  $\frac{1}{4}$ , untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di  $90^\circ$

$$\frac{1}{4} \times \lambda_g = \frac{1}{4} \times 46,62 = 23,31 \text{ mm}$$

3. Lamda Bahan ( $\lambda_g$ ) dikali  $\frac{1}{2}$ , untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di  $180^\circ$

$$\frac{1}{2} \times \lambda_g = \frac{1}{2} \times 46,62 = 11,65 \text{ mm}$$

Dimensi Saltran Antena

1. Lamda bahan yang memiliki  $\epsilon_{eff}$  pada suatu material dinyatakan dengan ( $\lambda_d$ )

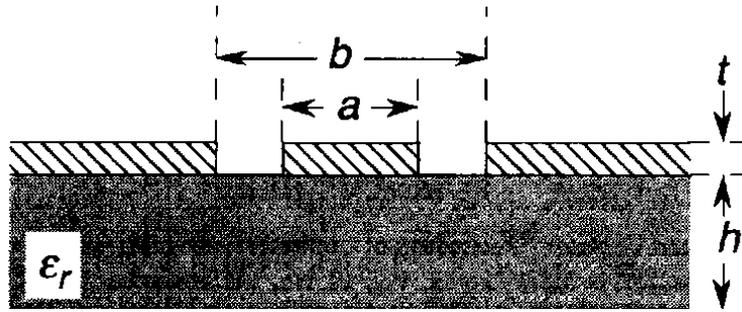
$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = 54,77 \text{ mm}$$

2. Lamda Bahan memiliki  $\epsilon_{eff}$  ( $\lambda_d$ ) dikali  $\frac{1}{4}$ , untuk mendapatkan posisi panjang gelombang di  $90^\circ$

$$\frac{1}{4} \times \lambda_d = 13,69 \text{ mm}$$

## 2.4 Couplanar Waveguide (CPW)

*Couplanar Waveguide* atau di singkat menjadi CPW merupakan bagian dari *transmission line* sebagai pencatu antenna mikrostrip yang dapat mengalirkan arus listrik, CPW terdiri dari satu konduktor senagai media arus listrik mengalir ke *patch* yang di cetak pada bahan di elektrik dan diikuti dengan kedua buah konduktor sebagai *ground* yang memiliki jarak skematik CPW seperti gambar berikut :



Gambar 2.3 Couplanar Waveguide (CPW)

Variabel a merupakan lebar *transmission line*, dan variable b merupakan lebar *transmission line* ditambah gap kedua sisi *transmission line*. Ada perhitungan k yakni *filling factor* untuk mengukur presentasi medan listrik yang melewati bahan substrat dengan meninjau nilai a dan b.

1.  $k' = \sqrt{1 - k^2} = \sqrt{1 - 0,550627806} = 0,670352291$
2.  $kl = \frac{\tanh(\frac{\pi \cdot a}{4 \cdot h})}{\tanh(\frac{\pi \cdot b}{4 \cdot h})} = \frac{\tanh(\frac{\pi \cdot 1}{4 \cdot 1,6})}{\tanh(\frac{\pi \cdot 1,4}{4 \cdot 1,6})} = \frac{\tanh(0,509948828)}{\tanh(0,68722275)} = 0,788174036$
3.  $kl' = \sqrt{1 - kl^2} = \sqrt{1 - 0,788174036^2} = 0,615452427$

Setelah mendapatkan nilai mencari k', kl, dan kl', maka di hitung nilai Z<sub>0</sub> menggunakan rumus berikut :

1.  $\epsilon_{eff} = \frac{1 + \epsilon_r \frac{k(k') + k(kl)}{k(k) + k(kl')}}{1 + \frac{k(kl)}{k(k)} + \frac{k(kl')}{k(kl')}} = \frac{1 + 4,6 \cdot 0,954663059 + 1,119163007}{1 + 0,954663059 + 1,119163007} = \frac{5,70106375}{2,06842358} = 2,756236105$
2.  $Z_0 = \frac{\eta_0}{2 \cdot \sqrt{\epsilon_{eff}}} \cdot \frac{1}{\frac{k(k)}{k(k')} + \frac{k(kl)}{k(kl')}} = \frac{377}{2 \cdot \sqrt{2,756236105}} \cdot \frac{1}{1,047489992 + 1,119163007} = 52,40392104 \text{ Ohm}$

Panjang CPW dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_f = 0,573 \cdot \lambda_g = 0,573 \cdot 59,5914 = 34,1458 \text{ mm}$$

Tinggi *Ground* pada CPW :

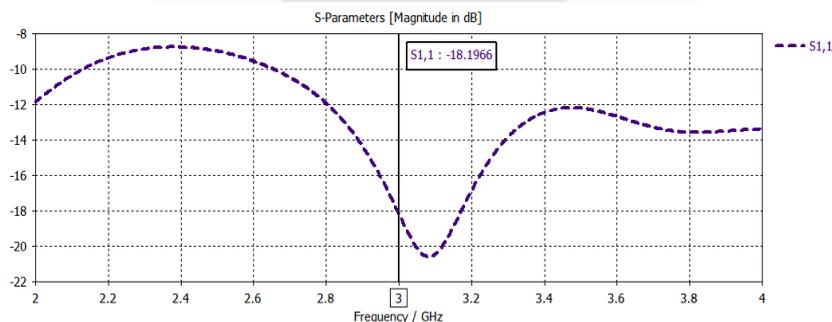
$$L_f/2 = 34,1458/2 = 17,072 \text{ mm}$$

$$L_f/4 = 34,1458/4 = 8,536 \text{ mm}$$

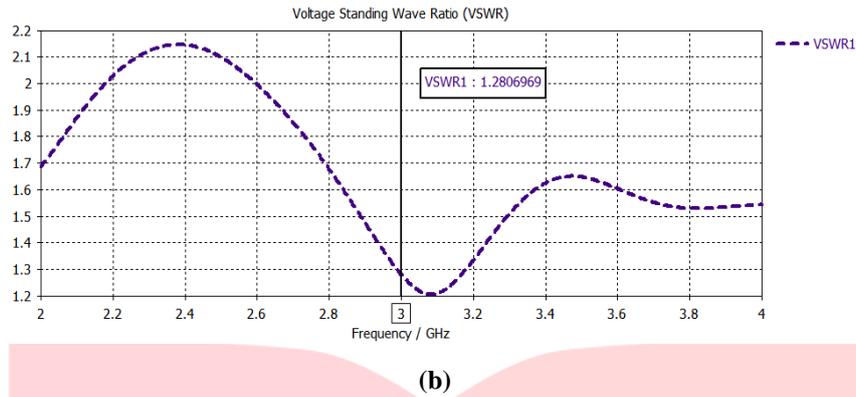
### 3. Tahapan Optimasi Simulasi

#### 3.1 Simulasi Antena

Simulasi tugas akhir ini menggunakan *software*. Pada perancangan di simulasi, antena belum ditambahkan CPW (*Couplanar Waveguide*). Parameter yang diperhatikan adalah nilai VSWR ≤ 2 dan *Return Loss* ≤ 10. Berikut adalah hasil simulasi antena yang dilakukan :



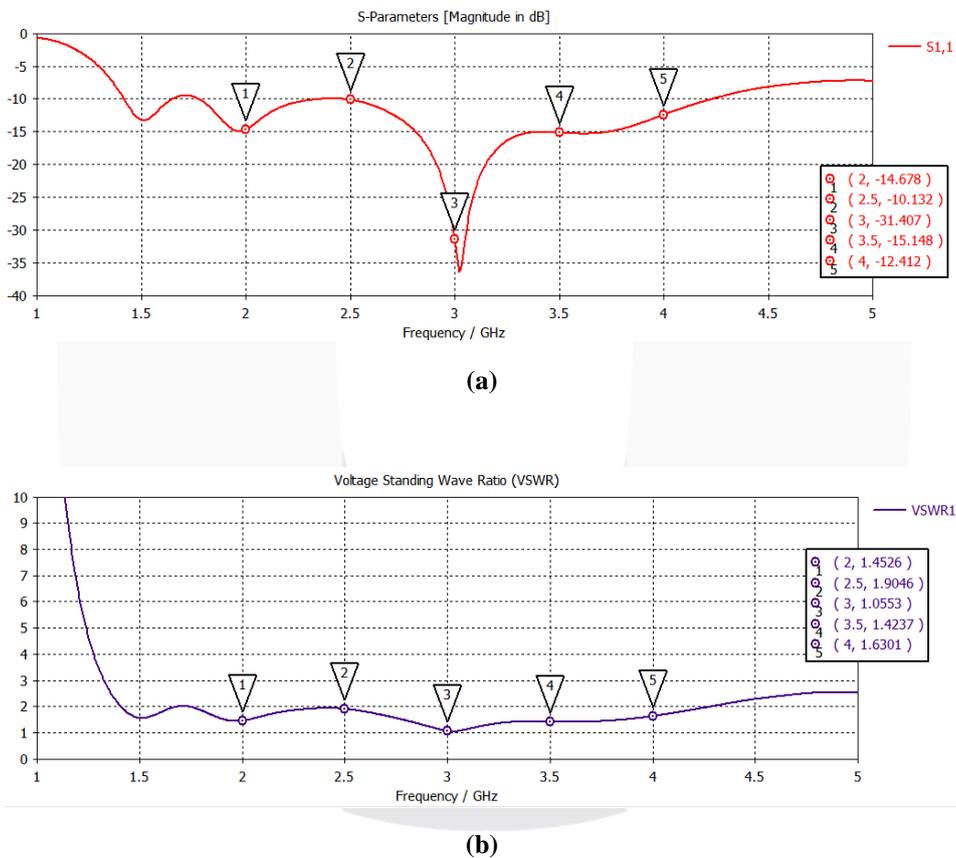
(a)



**Gambar 3.1** (a) Hasil Simulasi Nilai *return loss* (b) Hasil Simulasi Nilai VSWR

### 3.2 Optimasi Antena

Dari hasil simulasi diatas, nilai VSWR masih belum tercapai di  $\leq 2$  dan nilai *return loss* juga masih belum tercapai di  $\leq -10$ . Hal ini belum memenuhi spesifikasi awal. Untuk meningkatkannya perlu dilakukan optimasi dengan penambahan CPW (*Couplanar Waveguide*). Berikut adalah hasil dari optimasi antena yang dilakukan :

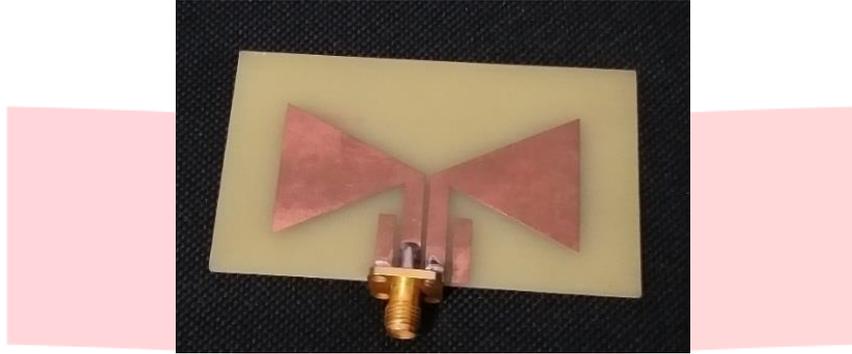


**Gambar 3.2** (a) Nilai *Return Loss* Setelah Optimasi (b) Nilai VSWR Setelah Optimasi

Hasil optimasi yang dilakukan dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Dari **Gambar 3.2** menunjukkan nilai VSWR yang lebih baik dengan memenuhi spesifikasi yaitu  $\leq 2$  pada rentang frekuensi 2 GHz – 4 GHz. Untuk *return loss* juga telah memenuhi spesifikasi yaitu  $\leq -10$ . Hasil akhir dari optimasi digunakan untuk masuk ke dalam tahap mencetak antena agar hasil dari cetakan antena dapat disesuaikan dari spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya.

#### 4. Pengukuran dan Analisis

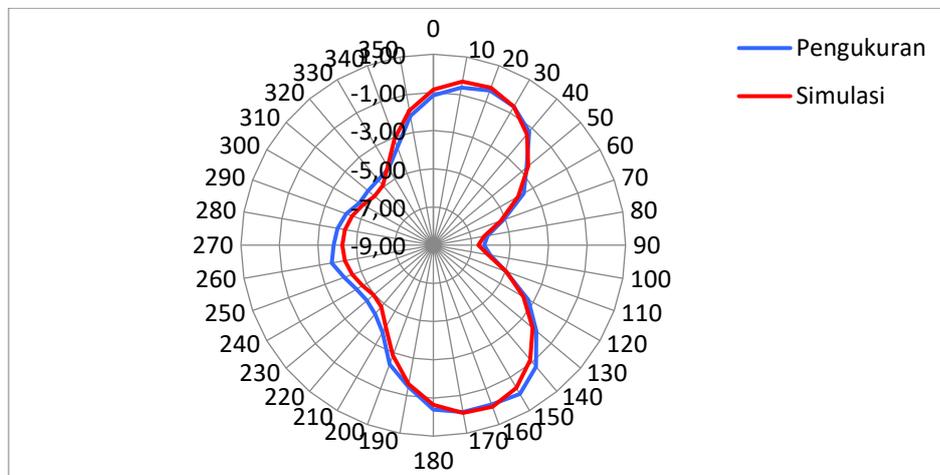
Setelah dilakukan Optimasi perancangan antenna kemudian antenna masuk dalam tahap pencetakan, setelah dilakukan pencetakan dilakukan tahap pengukuran parameter antenna untuk bisa di analisis dan dibandingkan dengan hasil simulasi. Parameter antenna yang diukur yaitu nilai VSWR, impedansi, pola radiasi dan *gain*. Pengukuran tugas akhir ini di dampingi oleh asisten laboratorium yang dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).



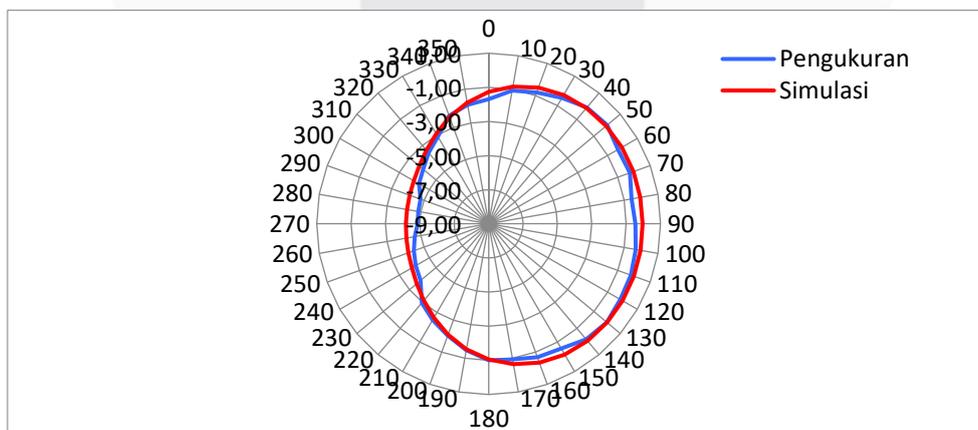
Gambar 4.1 Realisasi Antena *Microstrip Bowtie*

##### 4.1 Pola Radiasi

Berikut merupakan hasil pengukuran pola radiasi sudut  $0^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$  pada frekuensi tengah 3 Ghz :



(a)



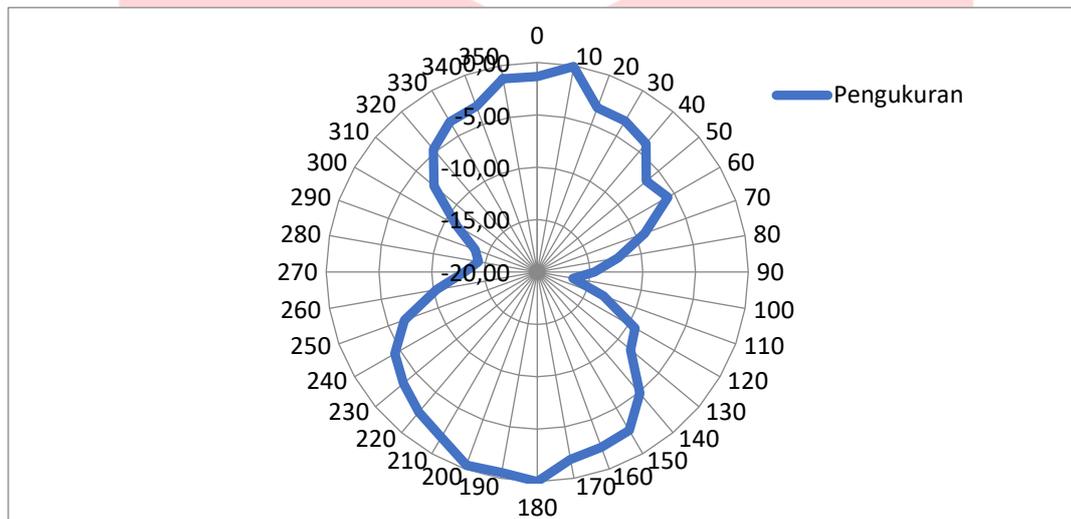
(b)

Gambar 4.2 (a) Pola radiasi azimuth  $0^{\circ}$  Frekuensi 3 GHz (b) Pola radiasi elevasi  $90^{\circ}$  Frekuensi 3 GHz

Gambar diatas merupakan pola radiasi pada frekuensi tengah 3 GHz dalam sudut azimuth dan elevasi. Dari hasil perbandingan pola radiasi pada pengukuran dan simulasi terjadi perbedaan bentuk pola. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor pada saat pengukuran berlangsung. Dari kedua hasil pola radiasi pada gambar 4.2 menggambarkan jenis pola radiasi bidireksional karena daya terima terbesar mengarah pada beberapa sudut. Pola radiasi tersebut diperoleh akibat gelombang elektromagnetik yang dipancarkan tidak di reduksi karena dimensi antenna tidak menggunakan *groundplane*.

#### 4.2 Polarisasi

Berikut merupakan hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi tengah 3 Ghz :



**Gambar 4.3** Hasil pengukuran polarisasi

Dari hasil pengukuran polarisasi diatas, analisa dilakukan pada frekuensi kerja bagian tengah, yaitu 3 GHz. Dalam hasil pengukuran menunjukkan level daya terima sinyal maksimum terletak pada sudut  $180^{\circ}$  dengan nilai  $-44.06$  dBm, dan untuk level daya terima minimum terletak pada sudut  $100^{\circ}$  dengan nilai  $-60.61$  dBm. Dari bentuk polarisasi yang terbentuk dapat di kategorikan ke dalam jenis polarisasi dengan menggunakan persamaan *axial ratio* di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 AR &= \frac{E_{major}}{E_{minor}} = \frac{\sqrt{\frac{P_{watt\ major} \times 377}{Ae}}}{\sqrt{\frac{P_{watt\ minor} \times 377}{Ae}}} \\
 &= \frac{10^{\frac{-44.06}{10}}}{10^{\frac{-60.61}{10}}} \\
 &= 6.72069 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah jenis polarisasi antenna berdasarkan nilai axial rationya :

- Nilai *axial ratio* sirkular adalah  $\leq 3$  dB
- Nilai *axial ratio* ellips adalah  $3 \text{ dB} < AR < 40$  dB.
- Nilai *axial ratio* linear adalah  $\geq 40$  dB.

Dari hasil pengukuran dan perhitungan *axial ratio*, antenna memiliki polarisasi ellips, ini disebabkan karena pengukuran kurang ideal karena adanya pengaruh tingkat ketelitian alat.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam proses perancangan dan realisasi antenna *microstrip bowtie* pada frekuensi 2 - 4 Ghz untuk ESM (*electronic support measure*) maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Antena *microstrip bowtie* yang dibuat dapat digunakan pada frekuensi kerja *s-band* (2 GHz – 4 GHz) dengan toleransi daya yang dipantulkan sebesar 10%.
2. Dengan digunakannya teknik pencatuan CPW (*Couplanar Waveguide*) diperoleh bandwidth yang lebih lebar dibandingkan dengan yang tidak menggunakan teknik pencatuan CPW (*Couplanar Waveguide*).
3. Antena yang dirancang mendukung bandwidth sebesar 2 GHz dan memiliki nilai VSWR  $\leq 2$  serta *return loss*  $\leq -10$  baik pada frekuensi bawah, tengah, dan atas.
4. Pada frekuensi 2 Ghz nilai VSWR nya sebesar 1,940 dengan *returnloss* -10,937 dB, pada frekuensi 3 Ghz nilai VSWR sebesar 1,222 dengan *returnloss* -19,986 dB dan pada frekuensi 4 Ghz nilai VSWR sebesar 1,702 dengan *returnloss* -11,701 dB.
5. Antena yang dirancang memiliki gain sebesar 5.4 dBi dengan pola radiasi *bidirectional* berbeda dengan spesifikasi awal dikarenakan antenna tidak memakai *groundplane*, serta polarisasi elips dengan nilai |AR| sebesar 6.720 dB.

### 5.2 Saran

Untuk mendapatkan antenna dengan performa yang lebih baik terdapat beberapa hal yang disarankan dalam perancangan pada penelitian selanjutnya. Berikut ini beberapa saran yang dapat diperhatikan dalam penelitian selanjutnya:

1. Dalam proses pengukuran sebaiknya diperhatikan benda – benda sekitar yang dapat mempengaruhi pengukuran khususnya pada saat pengukuran pola radiasi, polarisasi, dan gain.
2. Sesuaikan bahan dasar yang digunakan pada proses simulasi dengan datasheet yang ada pada pabrik tempat fabrikasi, agar tidak terjadi penyimpangan parameter pada antenna.
3. Perhatikan grafik VSWR dan *return loss* pada saat akan melakukan pengukuran elemen. Hal ini dilakukan agar pada saat pengukuran elemen tidak terjadi pengurangan bandwidth menjadi dibawah dari frekuensi kerja yang diinginkan.
4. Perlu adanya peremajaan alat pengukuran di dalam laboratorium. Alat yang jangka pemakaiannya sudah lama perlu diganti dengan alat baru. Dengan adanya peremajaan dapat memaksimalkan pengukuran dan terhindar dari ketidakakuratan.

### Daftar pustaka:

- [1] T. PPET-LIPI, Penelitian dan Pengembangan RF Head dan Baseband Processing Electronic Support Measure (ESM), Bandung: LIPI, 2012.
- [2] L. P. Wina A, "Perancangan dan Realisasi Antena Horn Conical Pada Frekuensi X-band (9.4 GHz) Untuk Aplikasi ESM (Electronic Support Measure)," Telkom University, Bandung, 2015.
- [3] J.R. James and P.S. Hall, "*Handbook of Microstrip Antennas*", London: United Kingdom, 1989.
- [4] J. Suryana, A. B. SUksmono, and T. R. Mengko. Time Domain Characterization of 1 – 2 GHz Circular-ended Bowtie Antenna Using Normalized Impulse Response, *Makara Seri Teknol*, Vol. 9, no. 1, pp. 25-30, 2005.
- [5] K. Sight, Y. Kumar, and S. Sight, A Modified Bow-tie Antenna with U-shape Slot for Wireless Applications, *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 2, no. 10, pp. 158 – 162, 2012.
- [6] Adhi Mahendra, Perancangan Antena Microstrip Bow-tie pada Aplikasi Ultra Wideband, Universitas Pancasila, 2012