

PERANGCANGAN ANTENA *MICROSTRIP BOWTIE* UNTUK *ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM)* PADA FREKUENSI 8-12 GHZ

DESIGN AND REALIZATION OF MICROSTRIP BOWTIE ANTENNA FOR ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM) ON FREQUENCY 8 – 12 GHz

Rezki Ronanda Putra¹, Achmad Ali Muayyadi², Yuyu Wahyu³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom

¹rezkironanda@student.telkomuniversity.ac.id, ²alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id,
³yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Electronic Support Measure (ESM) 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. ESM bekerja pada *range frequency* 2 - 18 GHz, dengan pancaran antenna *omnidirectional* atau *unidirectional*, dan memiliki rentang *gain* 1 – 8 dBi. ESM terdiri dari 3 perangkat utama yaitu antenna, *receiver* dan *signal processor*.

Pada tugas akhir ini antenna yang dirancang adalah antenna *microstrip bowtie* (*receiver*) dengan spesifikasi pola radiasi *bidirectional* dan polarisasi ellips. Antena ini bekerja pada frekuensi X-band (8 - 12 GHz) dan memiliki *gain* ≥ 3 dBi. Antena *bowtie* ini memiliki beberapa keunggulan antara lain berbentuk sederhana, berpita lebar dan mudah untuk dibuat.

Bahan yang digunakan adalah Roger Duroid 5880 ($\epsilon_r = 2,2$, $h = 1.57$ mm, dan $t = 0.035$ μ m). Teknik yang digunakan untuk optimasi antenna adalah teknik pencatutan *Coplanar Waveguide (CPW)*. Pada hasil akhir perancangan antenna *Microstrip Bowtie* ini menghasilkan $VSWR \leq 2$ dan mendapatkan *bandwidth* sebesar 4 GHz, *gain* yang didapatkan dari hasil realisasi antenna sebesar ≥ 3 dBi. Serta pola radiasinya adalah *bidirectional* dan polarisasi adalah *elliptical*. Sehingga antenna ini layak untuk digunakan pada perangkat *Electronic Support Measure (ESM)*.

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

Abstract

Electronic Support Measure (ESM) is an electronic equipment that serves to receive electromagnetic wave signal, then the signal is processed and analyzed to obtain the location (position), signal strength and other parameters. ESM works in the 2 - 18 GHz frequency range, with omnidirectional or unidirectional radiation pattern, and has a gain range of 1 - 8 dBi. ESM consists of 3 main devices namely antenna, receiver and signal processor.

In this final project the antenna designed is *microstrip bowtie antenna (receiver)* with *bidirectional radiation pattern specification and elliptical polarization*. This antenna works at X-band frequency (8-12 GHz) and *gain* ≥ 3 dBi. *Bowtie antenna* has several advantages, among others, simple-shaped, wide-banded and easy to make.

The materials used are Roger Duroid 5880 ($\epsilon_r = 2.2$, $h = 1.57$ mm, and $t = 0.035$ μ m). The technique used for antenna optimization is the *Coplanar Waveguide (CPW) unification technique*. In the final result of designing the *Microstrip Bowtie antenna* it produces $VSWR \leq 2$ and gets a *bandwidth* of 4 GHz, the *gain* obtained from the antenna realization is ≥ 3 dBi. And the radiation pattern is *bidirectional* and polarization is *elliptical*. So that this antenna is suitable for use on *Electronic Support Measure (ESM) devices*.

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

1. Pendahuluan

Pada dewasa ini, perkembangan teknologi sangat pesat, banyak negara saat ini berlomba-lomba untuk meningkatkan kualitas teknologi atau inovasi dari teknologi itu sendiri. Salah satu bidang yang dipengaruhi oleh perkembangan teknologi tersebut adalah bidang militer. Tidak terkecuali negara Indonesia yang mengembangkan teknologi dibidang militer. Sebagaimana kita ketahui, Indonesia merupakan negara yang wilayahnya luas dan memiliki banyak pulau. Tentu dengan kondisi geografis ini negara Indonesia menjadi rawan untuk disusupi dari perbatasan negara itu sendiri. Untuk itu Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) mengembangkan suatu *device* dibidang militer untuk menjaga perbatasan Negara Kesatuan Republik Indonesia yang bernama *Electronic Support Measure* (ESM).

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^[1]. ESM bekerja pada *range frequency* 2 - 18 GHz, dengan pancaran antena *omnidirectional* atau *unidirectional*, dan memiliki rentang *gain* 1 – 8 dBi. ESM terdiri dari 3 perangkat utama yaitu antena, *receiver* dan *signal processor*. Salah satu perangkat yang diteliti oleh LIPI adalah antena *receiver*. Pada tugas akhir ini antena yang akan dirancang adalah antena *microstrip bowtie*.

Pada tugas akhir ini spesifikasi antena yang diharapkan dari antena *microstrip bowtie* adalah VSWR yang sebesar ≤ 2 , dan *return loss* sebesar ≤ -10 . Antena yang akan dirancang ini bekerja pada frekuensi 8 – 12 GHz (X-band) dengan *gain* ≥ 6 dBi. Bahan yang digunakan adalah Roger Duroid 5880 ($\epsilon_r = 2,2$, $h = 1,57$ mm, dan $t = 0,035$ μm). Bahan ini sangat baik digunakan untuk antena dengan frekuensi tinggi karena stabil untuk bekerja pada frekuensi tinggi.

2. Dasar Teori

2.1 *Electronic Support Measure* (ESM)^[1]

Electronic Warfare (EW) atau perangkat peperangan elektronik dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

- ESM(*Electronic Support Measures*)
- ECM(*Electronic Counter Measures*)
- ECCM(*Electronic Counter Countereasures*)

Secara umum *Electronic Warfare* (EW) didefinisikan sebagai keterlibatan militer dalam penggunaan energy gelombang elektromagnetika untuk menentukan, menggali, mereduksi atau mencegah musuh (*foe*) dalam menggunakan spectrum gelombang elektromagnetik dan dalam aksi ini melindungi kawan sendiri (*friend*) dan pemacetan (*jamming*) spectrum gelombang elektromagnetik.

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.

2.2 Antena Mikrostrip^[3]

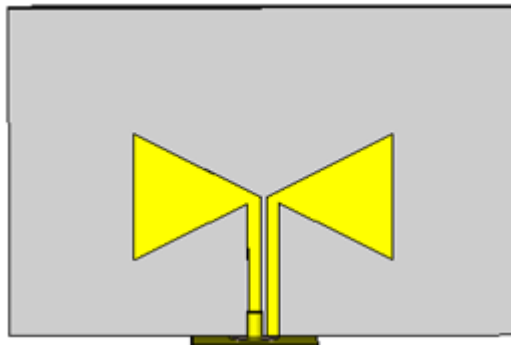
Antena mikrostrip adalah jenis antenna yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang tinggi yaitu diatas 100 MHz. Mikrostrip sendiri berasal dari dua kata yaitu micro (sangat kecil) dan strip (bilah/potongan), sehingga antenna mikrostrip dapat deidefinisikan sebagai antenna yang memiliki bentuk seperti bilah/potongan yang ukurannya sangat kecil. Antena mikrostrip terdiri dari tiga bagian, yaitu:

- Patch
Patch berfungsi untuk meradiasi gelombang elektromagnetik, terletak pada posisi paling atas dari antenna. Patch terbuat dari bahan konduktor, seperti tembaga. Patch mempunyai bermacam-macam bentuk seperti circular, rectangular, segitiga, maupun anular ring.
- Dielectric Substrate
Dielectric substrate berfungsi menyalurkan gelombang elektromagnetik dari sumber ke daerah bawah substrat. Substrat berpengaruh pada besar parameter-parameter antenna.
- Ground Plane
Ground Plane berfungsi sebagai reflector yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. Ground plane pada antenna mikrostrip biasanya terdiri dari bahan konduktor.

2.3 Antena Microstrip Bowtie^[4]

Antena microstrip dibuat dari tiga lapis bahan, yaitu lapisan konduktor, substrat dielektrik, dan *groundplane*. Konduktor umumnya terbuat dari bahan tembaga, aluminium, atau emas. Elektrik dengan ketebalan $h < \lambda$ memiliki permitifitas relative (ϵ_r) berkisar antara 2,2 hingga 10. Konstanta dielektrik dibuat rendah untuk meningkatkan medan limpahan yang berguna dalam radiasi. Dalam analisa, *groundplane* terbuat dari bahan konduktor sempurna, tetapi dalam aplikasi bidang bumi terbuat dari bahan konduktor tak sempurna.

Bentuk antena *bow-tie* merupakan pengembangan desain antena dari bentuk patch segitiga (triangle). Antena *bow-tie* pada dasarnya termasuk dalam jenis antena dipole bentuk kawat dengan penambahan beberapa elemen untuk dapat melakukan pengaturan impedansi input antena. Pada perkembangan antena *bow-tie* bentuk kawat dikonversi dalam bentuk patch. Antena *bow-tie* bentuk patch lebih kecil dari antena *bow-tie* bentuk kawat. Kelebihan bentuk *bow-tie* adalah mempunyai radiator yang lebih besar. Antena *bow-tie* digunakan untuk menghasilkan frekuensi kerja yang sama pada kedua polarisasinya.



Gambar 1 Antena Microstrip Bowtie

2.4 Perhitungan Dimensi Antena

Tahap-tahap perancangannya dimensi antena *microstrip bowtie* adalah sebagai berikut :

1. Mencari lamda Bahan (λ_g) panjang gelombang merambat di material.

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

$$\lambda_g = \frac{3 \times 10^8}{(10 \times 10^9) \times \sqrt{2,2}} = 0,02022 \text{ Meter} = 20,22 \text{ mm}$$

2. Untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 90° lamda Bahan (λ_g) dikali $\frac{1}{4}$.

$$\frac{1}{4} \times \lambda_g = 5,05 \text{ mm}$$

3. Untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 180° lamda Bahan (λ_g) dikali $\frac{1}{2}$,

$$\frac{1}{2} \times \lambda_g = 10,113 \text{ mm}$$

4. Mencari $z_0 = 50 \text{ Ohm}$ pada Saltran Biasa

$$W_{lst} = \frac{2 \times h}{\pi} \times \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \times \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right]$$

$$\text{Dimana : } B = \frac{60 \times \pi^2}{z_0 \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{60 \times \pi^2}{50 \times \sqrt{2,2}} = 7,97$$

$$W_{lst} = \frac{2 \times 1,575}{\pi} \times \left[7,97 - 1 - \ln(2 \times 7,97 - 1) + \frac{2,2 - 1}{2 \times 2,2} \times \left[\ln(7,97 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{2,2} \right] \right]$$

$$W_{lst} = 4,84 \text{ mm}$$

$$\text{Jika } \frac{W_{lst}}{h} > 1 \text{ atau } \frac{W_{lst}}{h} < 1$$

$$\frac{W_{lst}}{h} > 1, \text{ Maka : } \epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \times \frac{h}{W_{lst}}}} \right]$$

$$\frac{W_{lst}}{h} < 1, \text{ Maka } \epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \times \left[\frac{1}{\sqrt{1+12 \times \frac{h}{W_{lst}}}} + 0,04 \times \left(1 - \frac{w}{2}\right)^2 \right]$$

Karena $\frac{W_{lst}}{h} = \frac{4,84}{1,575} = 3,007$ adalah > 1 , maka :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \times \left[\frac{1}{\sqrt{1+12 \times \frac{h}{W_{lst}}}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{2,2+1}{2} + \frac{2,2-1}{2} \times \left[\frac{1}{\sqrt{1+12 \times \frac{1,575}{4,84}}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = 1,82$$

5. Lamda Bahan yang memiliki ϵ_{eff} pada suatu material dinyatakan dengan (λd)

$$\lambda d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = 22,2 \text{ mm}$$

6. Untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 180° lamda Bahan memiliki ϵ_{eff} (λd)

dikali $\frac{1}{2}$

$$\frac{1}{2} \times \lambda d = 11,1 \text{ mm}$$

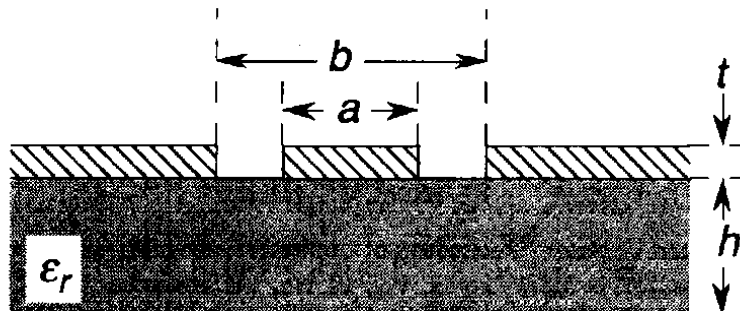
7. Untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 90° Lamda Bahan memiliki ϵ_{eff} (λd)

dikali $\frac{1}{4}$

$$\frac{1}{4} \times \lambda d = 5,55 \text{ mm}$$

2.5 Couplanar Waveguide (CPW)

Couplanar Waveguide (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.



Gambar 2 Couplanar Waveguide (CPW)

Impedansi CPW dapat dihitung sebagai berikut :

1. Mencari $z_0 = 50 \text{ Ohm}$

$$k = \frac{a}{b} = \frac{1,524}{1,7} = 0.899$$

Dimana :

$k = \text{Filling Factor}$

$a = \text{Lebar saluran transmisi}$

$b = \text{Lebar Saluran Transmisi} + \text{Gap}$

2. 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. setelah menemukan nilai k, kemudian mencari k', kl, dan kl' dengan rumus sebagai berikut :

$$k' = \sqrt{1 - k^2} = \sqrt{1 - 0,819} = 0,445$$

$$kl = \frac{\tanh\left(\frac{\pi \cdot a}{4 \cdot h}\right)}{\tanh\left(\frac{\pi \cdot b}{4 \cdot h}\right)} = \frac{\tanh\left(\frac{\pi \cdot 1,524}{4 \cdot 1,575}\right)}{\tanh\left(\frac{\pi \cdot 1,7}{4 \cdot 1,575}\right)} = \frac{\tanh(0,748)}{\tanh(0,835)} = 0,9277$$

$$kl' = \sqrt{1 - kl^2} = \sqrt{1 - 0,86^2} = 0,373$$

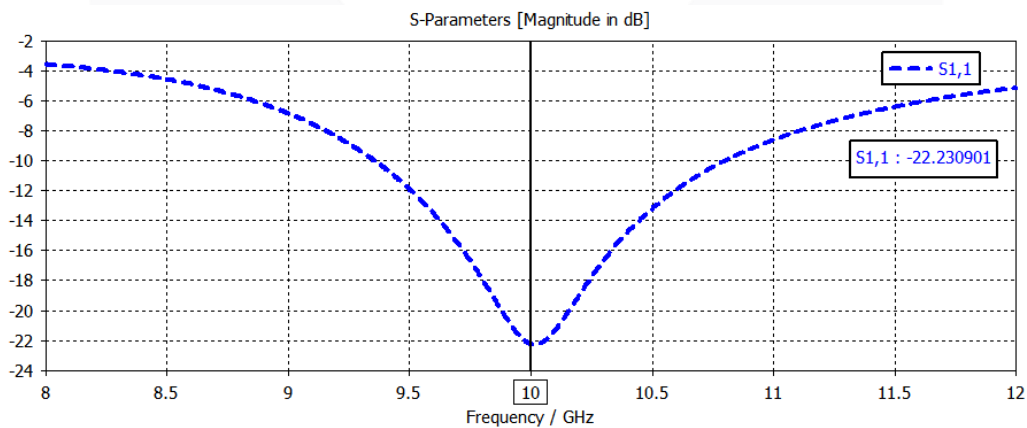
$$\epsilon_{eff} = \frac{1 + \epsilon_r \frac{k(k')}{k(k)} + \frac{k(kl)}{k(kl')}}{1 + \frac{k(k')}{k(k)} + \frac{k(kl)}{k(kl')}} = \frac{1 + 2,2 \frac{0,889(0,445)}{0,889(0,889)} + \frac{0,889(0,9227)}{0,889(0,373)}}{1 + \frac{0,889(0,445)}{0,889(0,889)} + \frac{0,889(0,9227)}{0,889(0,373)}} = \frac{3,398}{2,09}$$

$$\epsilon_{eff} = 1,625$$

$$Z_0 = \frac{\eta_0}{2 \cdot \sqrt{\epsilon_{eff}}} \cdot \frac{1}{\frac{k(k)}{k(k')} + \frac{k(kl)}{k(kl')}} = 49,505 \text{ ohm}$$

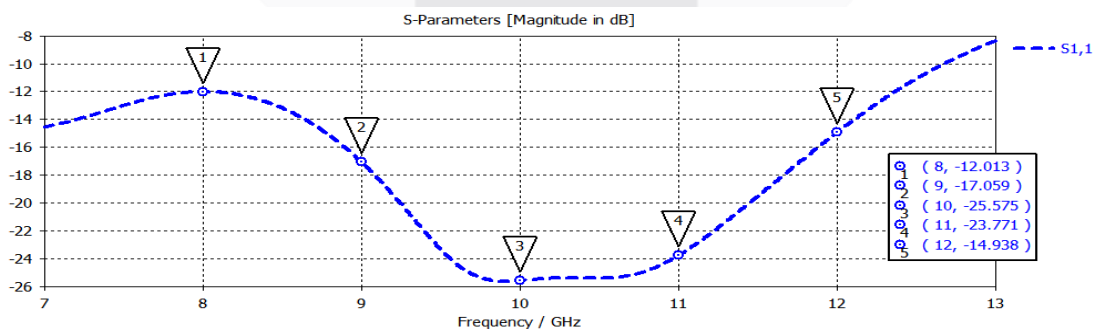
3. Simulasi Antena Microstrip Bowtie

Simulasi perancangan antenna ini, memamasukan parameter-parameter yang dibutuhkan kedalam simulator beserta parameter tambahan yang dibutuhkan untuk menunjang kelengkapan dari antenna ini. Hasil dari simulasi awal antenna adalah sebagai berikut :

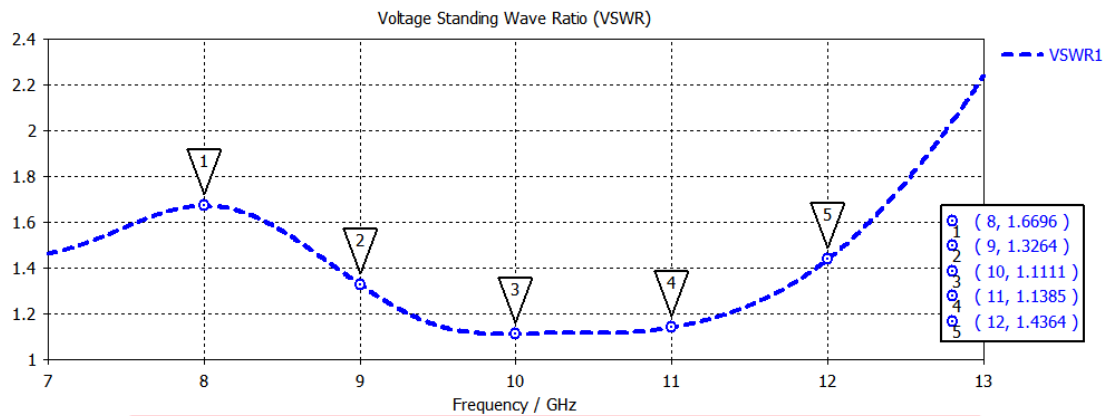


Gambar 3 Hasil Simulasi Nilai Return Loss

Dari hasil simulasi awal diatas, nilai VSWR dan nilai return loss masih belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Untuk meningkatkannya perlu dilakukan optimasi dengan menambahkan CPW (Couplanar Waveguide). Berikut adalah hasil dari optimasi antenna yang dilakukan :

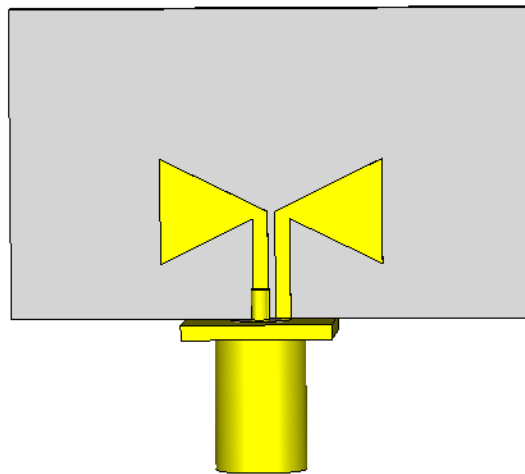


Gambar 5 Nilai Return Loss Setelah Optimasi



Gambar 6 Nilai VSWR Setelah Optimasi

Dari gambar diatas diketahui bahwa VSWR dari antenna Microstrip Bowtie dengan menggunakan teknik pencatuan CPW sebesar ≥ 4 GHz dan mencapai frekuensi 8 – 12 GHz.



Gambar 7 Antena *Microstrip Bowtie* Menggunakan CPW

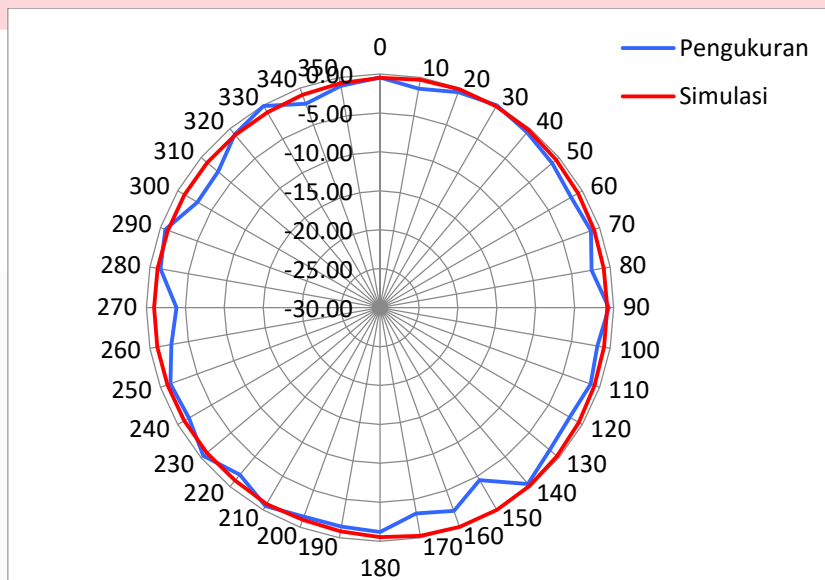
4. Pengukuran dan Analisis

Pada bab ini membahas mengenai hasil dari pengukuran antenna yang telah dipabrikan untuk mengetahui hasil dari parameter antenna yang telah ditentukan. Ini dilakukan untuk membandingkan performa hasil simulasi dan hasil pengukuran. Adapun tujuan dari membandingkan hasil pengukuran dengan simulasi adalah untuk mengetahui penyebab penyimpangan karakteristik antenna akibat pabrikan antenna yang telah dirancang yang sebelumnya melalui proses simulasi. Pengukuran parameter-parameter antenna *Microstrip Bowtie* ini dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung.

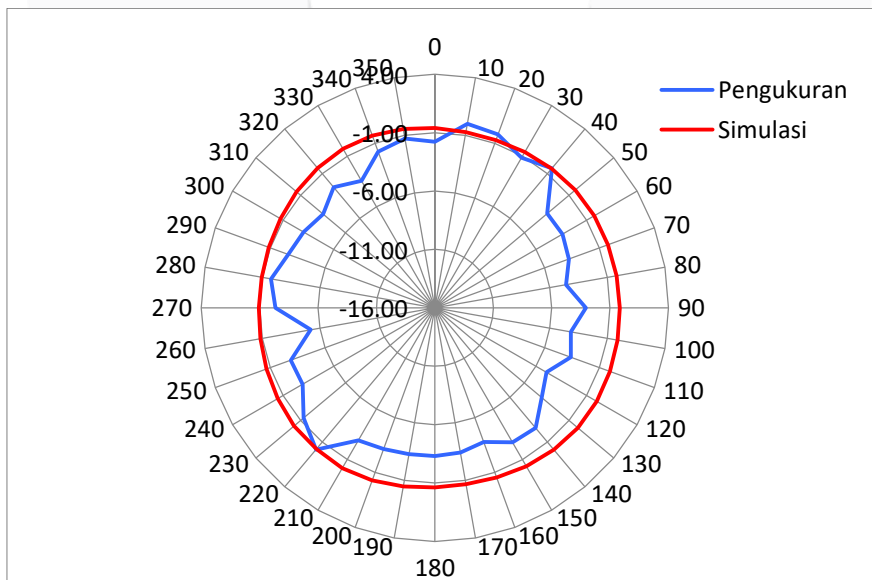


Gambar 8 Realisasi Antena Microstrip Bowtie

4.1 Pola Radiasi



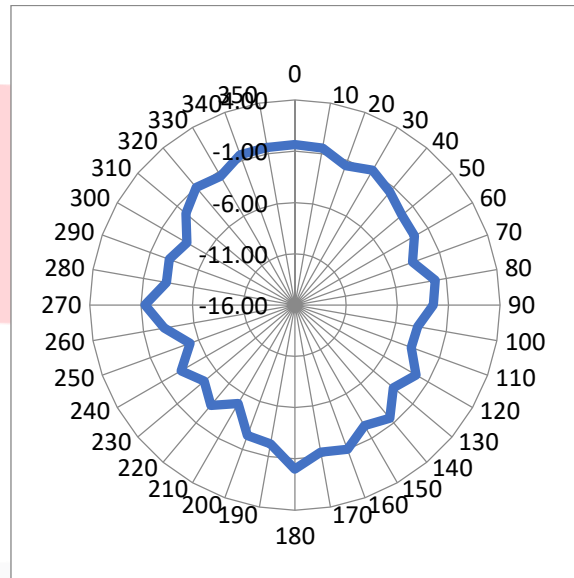
Gambar 9 Pola radiasi azimuth 0° Frekuensi 10 GHz



Gambar 10 Pola radiasi elevasi 90° Frekuensi 10 GHz

Dari hasil yang didapatkan terlihat bahwa ada perbedaan pada pola radiasi baik arah *azimuth* maupun elevasi antara hasil simulasi yang terdapat pada bab 3 dengan hasil realisasi. Hal ini terjadi karena ada beberapa faktor yang menyebabkan adanya penyimpangan hasil pengukuran dibandingkan hasil simulasi. Tetapi dari hasil simulasi dan realisasi diatas 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*.

4.3 Polarisasi



Gambar 11 Hasil pengukuran polarisasi

Dalam melakukan verifikasi antenna dengan polarisasi sirkular harus dilakukan pengukuran *axial ratio*. Dengan cara membagi nilai terbesar dan terkecil pada nilai polarisasi yang telah didapatkan menggunakan persamaan berikut ini.

$$AR = \frac{E_{mayor}}{E_{minor}} = \frac{\sqrt{\frac{P_{watt\ mayor} \times 377}{Ae}}}{\sqrt{\frac{P_{watt\ minor} \times 377}{Ae}}} = 3.24256\ dB$$

Dimana,

- Nilai *axial ratio* sirkular adalah 3
- Nilai *axial ratio* ellips adalah $3 < AR < 40$.
- Nilai *axial ratio* linear adalah ≥ 40

Dari hasil pengukuran menggunakan persamaan maka antenna memiliki jenis polarisasi *ellips*.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari antenna microstrip bowtie pada frekuensi 8 – 12 GHz untuk aplikasi *Electronic Support Measure* adalah :

1. Perancangan antenna microstrip bowtie pada simulasi menggunakan teknik pencatutan CPW mendapatkan hasil dari VSWR dan *return loss* yang lebih baik sehingga tercapainya bandwidth sebesar ≥ 4 GHz.

2. Adanya perbedaan dari hasil simulasi dan realisasi antena microstrip bowtie yang menggunakan teknik pencatutan CPW.
3. Perbedaan hasil yang didapatkan dari simulasi dan realisasi disebabkan oleh factor perbedaan kondisi, yaitu pada simulasi pada kondisi ideal sedangkan pada pengukuran realisasi dipengaruhi oleh factor keadaan lingkungan disekitar pengukuran antena dan juga factor dari realisasi antena itu sendiri, yaitu kurang sempurnanya saat fabrikasi.
4. Antena Microstrip bowtie ini layak digunakan pada *Electronic Support Measure* karena sudah memenuhi semua parameter yang telah yang tentukan ditentukan.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan pada tugas akhir ini adalah :

1. Pada saat pengukuran, gunakan alat yang kondisi sedang baik karena hal ini dapat mempengaruhi performa antena ketika melakukan pengukuran dan juga lakukan pengukuran antena pada tempat yang mendekati ideal, hindari tempat yang banyak pantulan sinyal lain karena ini akan mengakibatkan kurang akuratnya data yang diperoleh.

Daftar pustaka:

- [1] W. Mashuri, Penelitian dan Pengembangan RF Head dan Baseband Processing Electronic Support Measure (ESM), Bandung, Lipi, 2012.
- [2] Rafif, Muhammad. Perancangan dan Realisasi Antena Susunan Log Periodic Mikrostrip Dipole Untuk Electronic Support Measure, Telkom University, 2017.
- [3] C.A. Balanis, Antennas Theory : analysis and Design 3rd Edition, New York, Haper & Row, publisher, 1982.
- [4]] M.K.A. Rahim, M.Z.A. Abdul Aziz, C.S. Goh, "Bow-tie Microstrip Antenna Design," in IEEE, Wireless Communication Centre, Faculty of Electrical Engineering, University Teknologi Malaysia, 2005.

