

## ANTENA MIKROSTRIP PROXIMITY COUPLED DENGAN SIDE PARASITIC PADA FREKUENSI S-BAND UNTUK ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM)

### *MICROSTRIP PROXIMITY COUPLED ANTENNA WITH SIDE PARASITIC ON S-BAND FREQUENCY FOR ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM)*

Indra Mahendra Rachmat<sup>1</sup>, Bambang Setia Nugroho<sup>2</sup>, Yussi Perdana Saputera<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>indramr@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>yussips@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Electronic Support Measure (ESM) merupakan sistem pertahanan elektronika yang berfungsi untuk menganalisa sinyal gelombang elektromagnetik yang dipancarkan untuk mendapatkan lokasi dan kuat sinyal tersebut. Pada tugas akhir ini penulis merancang antenna mikrostrip rektangular di frekuensi S – Band, yang berfungsi sebagai antenna penerima dalam sistem ESM. Spesifikasi dari antenna tersebut yaitu return loss sebesar  $\leq -10$  dB dan VSWR  $\leq 2$  dengan lebar bandwidth 2 GHz, gain sebesar 1 – 8 dB dengan pola radiasi unidirectional dan polarisasi linier.

Antena mikrostrip rektangular yang didesain sebagai antenna penerima dalam sistem ESM menggunakan bahan FR – 4 Epoxy. Antena mikrostrip konvensional cenderung memiliki lebar bandwidth yang sempit dan gain kecil. Berdasarkan kondisi tersebut antenna akan dirancang menggunakan patch parasitik dengan pencatatan proximity. Proses perancangan pada tugas akhir ini yaitu antenna mikrostrip rektangular akan disimulasikan menggunakan simulator, kemudian dilakukan optimasi menggunakan catuan proximity dengan patch parasitik. Setelah dilakukan simulasi dan optimasi, antenna akan direalisasikan dengan cara di fabrikasi. Kemudian antenna tersebut akan dilakukan pengukuran untuk mengetahui apakah antenna sudah memenuhi spesifikasi.

Hasil perancangan dari antenna mikrostrip rektangular pencatatan proximity dengan patch parasitik didapatkan hasil dari pengukuran pada frekuensi tengahnya sebesar 3 GHz. Hasil tersebut yaitu VSWR sebesar 1,6659, return loss sebesar -11,981 dB, dengan bandwidth sebesar 2 GHz. Gain sebesar 5,3 dB, serta polarisasi unidirectional dan polarisasi sebesar 31,6227766 dB yang menjadikan antenna ini berpolarisasi elips, untuk gain yang dihasilkan sebesar 5,3 dB pada frekuensi tengahnya. Dengan spesifikasi tersebut antenna mikrostrip dapat digunakan di sistem Electronic Support Measure pada frekuensi S – Band.

Kata kunci : Electronic Support Measure, Microstrip patch rectangular, S-Band, patch parasitic, pencatatan proximity, FR – 4 Epoxy.

#### Abstract

Electronic Support Measure (ESM) is an electronic defense system that functions to analyze the electromagnetic wave signal emitted to obtain the location and strength of the signal. In this final project, the authors design a rectangular microstrip antenna at the S-Band frequency, which functions as a receiver antenna in the ESM system. The specifications of the antenna are a return loss of  $\leq -10$  dB and VSWR  $\leq 2$  with a wide bandwidth of 2 GHz, a gain of 1 - 8 dB with radiation pattern of unidirectional and linear polarization.

Rectangular microstrip antenna which is designed as a receiver antenna in ESM systems uses FR - 4 Epoxy material. Conventional microstrip antennas tend to have narrow bandwidth. Based on these conditions the antenna will be designed using parasitic patches with proximity coupled. The design process in this final project is that the rectangular microstrip antenna will be simulated using simulator, and then optimized using proximity coupled with parasitic patches. After simulation and optimization, the antenna will be realized by means of fabrication. Then the antenna will be measured to find out whether the antenna meets specifications.

The design results of the rectangular proximity coupled microstrip antenna with parasitic patch are obtained from measurements at the center frequency of 3 GHz. These results are a VSWR of 1.6659, a return loss of -11,981 dB, with bandwidth of 2 GHz. Gain of 5.3 dB. As well as the unidirectional polarization and the polarization of 31,6227766 dB which makes this antenna elips polarized, for the resulting gain of 5.3 dB at the center frequency. With these specifications the microstrip antenna can be used in the Electronic Support Measure system at the S-Band frequency.

Keywords : Electronic Support Measure, rectangular microstrip patch, S-Band, parasitic patch, proximity coupled, FR – 4 Epoxy.

## 1. Pendahuluan

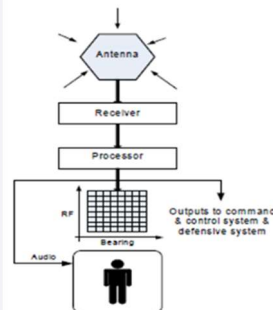
Pada beberapa dekade terakhir ini teknologi militer mengalami perkembangan yang sangat pesat. Sistem keamanan dan pertahanan diperlukan untuk suatu negara, seperti Indonesia. Dengan wilayah kepulauan yang luas, Indonesia rentan terhadap serangan dari negara lain. Maka dari itu diperlukannya sebuah teknologi yang dapat mengawasi dan mengantisipasi serangan yang masuk ke wilayah teritori Indonesia. Teknologi tersebut adalah Electronic Support Measure (ESM). Sistem ESM merupakan perangkat utama dalam Electronic Warfare (EW) yang berfungsi untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik yang dipancarkan, kemudian gelombang tersebut dianalisa untuk mendapatkan titik koordinat dan estimasi frekuensi dari sinyal tersebut. Untuk menerapkan sistem ESM dibutuhkan antena untuk penerima gelombang elektromagnetik. Antena microstrip sangat cocok digunakan karena mempunyai ukuran yang kecil dan biaya pabrikasi yang murah. Maka dari itu dengan biaya pabrikasi yang murah, sistem ini sangat cocok diterapkan di Indonesia yang merupakan negara kepulauan.

Pada penelitian ini, penulis mengusulkan untuk merancang dan mensimulasikan antena microstrip patch rectangular. Antena microstrip patch rectangular menjadi pilihan karena bentuknya yang sederhana, efisien, ekonomis dan dapat diintegrasikan dengan ESM. Akan tetapi, antena microstrip mempunyai kekurangan yaitu memiliki karakteristik bandwidth yang sempit. Untuk mengatasi kekurangan tersebut antena dirancang menggunakan teknik pencatutan proximity coupled dan di optimasi menggunakan parasitic patch dengan catuan proximity untuk mendapatkan bandwidth yang lebar dan gain yang tinggi. Pada penelitian ini spesifikasi dari antena microstrip yang akan dirancang adalah VSWR  $\leq 2$  dan return loss sebesar  $\leq -10$  dan gain sebesar 1 – 8 dB yang bekerja pada frekuensi 2 – 4 GHz (S-Band). Frekuensi ini termasuk dalam frekuensi kerja ESM dengan rentang frekuensi 2 – 18 GHz.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Electronic Support Measure (ESM)

Electronic Support Measure (ESM) merupakan teknologi yang digunakan dalam bidang militer. Sistem ESM berfungsi sebagai alat untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan menganalisa sumber gelombang elektromagnetik yang dipancarkan [3]. Komponen untuk menerima gelombang elektromagnetik pada sistem ESM adalah sebuah antena. Antena memiliki fungsi dan frekuensi kerja yang berbeda dari setiap tujuan perancangan antena. Tabel 2.1 merupakan spektrum frekuensi kerja dari ESM, Pada tugas akhir antena yang digunakan merupakan antena microstrip patch rectangular yang bekerja pada frekuensi S-Band yang memiliki rentang frekuensi 2 GHz sampai 4 GHz. Frekuensi tersebut biasa digunakan dalam rentang frekuensi ESM sebesar 2 – 18 GHz.



Gambar 2.1 Komponen ESM

#### 1. Antena

Pada ESM terdiri dari 2 jenis antena yaitu omnidirectional dan directional. antena omnidirectional berfungsi untuk menerima sinyal dari keliling area 360°, sedangkan antena directional menggunakan antena sebanyak 6 buah secara melingkar 360° masing – masing antena mempunyai sudut 60° [2]. Dari pancaran gelombang elektromagnetik yang diterima, kemudian oleh penerima sinyal diproses (demodulasi) untuk diperoleh parameter titik kordinat dan kuat sinyal dari pemancar. Tiap antena terdiri dari frekuensi kerja yang berbeda, mulai dari S-Band, C-band, X-band dan KU-band [3].

#### 2. Penerima (Receiver)

Receiver berfungsi untuk penyaringan (filter) dan proses demodulasi sehingga diperoleh data untuk parameter dari sinyal yang diterima, untuk selanjutnya diproses oleh signal processor untuk ditampilkan ke dalam bentuk Display atau monitor [3].

#### 3. Signal processor, Display dan Audio

Berfungsi memproses sinyal hasil Demodulasi oleh bagian receiver untuk diolah menjadi parameter antara lain untuk Radar pulsa adalah Frekuensi Radar, Daya, Angel of Arrival, Time of arrival, Pulse Repetition Interval [3].

### 2.2 Antena Mikrostrip

Antena microstrip merupakan suatu antena yang mempunyai bentuk seperti lempengan tipis. Lapisan substrat dari antena microstrip adalah conducting patch, dielectric substrate, dan groundplane [5][7].

Beberapa lapisan pada substrat sebagai berikut :

#### 1. Conducting Patch

Conducting patch merupakan komponen paling atas dari lapisan substrat antenna microstrip, dan terbuat dari bahan konduktor. Bentuknya disesuaikan dengan antenna yang akan digunakan berdasarkan bentuk patch-nya [8]. Gambar 2.2 (b) merupakan jenis – jenis patch-nya.

#### 2. Dielectric Substrate

Lapisan ini terletak di bagian tengah substrat, yang berfungsi untuk penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan ke bawah patch. Pada lapisan ini bahan yang digunakan adalah bahan dielektrik dengan permitivitas tertentu sesuai yang dibutuhkan [8].

#### 3. Groundplane

Pada lapisan terbawah dari substrat ini terbuat dari konduktor, dan berfungsi sebagai reflektor untuk memantulkan sinyal yang tidak dibutuhkan [8].

Untuk menentukan dimensi dari antenna microstrip patch rectangular, perlu ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$f_c = \frac{f_{low} + f_{high}}{2} \quad (2.1)$$

$$\lambda = \frac{c}{f_c} \quad (2.2)$$

$$Wp = \frac{c}{2f_c} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2.3)$$

Dimana  $f_c$  adalah frekuensi kerja antenna (GHz),  $\lambda$  merupakan panjang gelombang,  $Wp$  adalah lebar patch,  $\epsilon_r$  adalah karakteristik permitivitas relatif, dan  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/detik)

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2.4)$$

$$Lp = \frac{c}{2f_c \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (2.5)$$

$$L = 0.412 \times h \times \left(\frac{W}{h} + 0.264\right) \left(\frac{\epsilon_{reff} + 0.3}{\frac{W}{h} + 0.8}\right) \quad (2.6)$$

Dimana  $\epsilon_{reff}$  adalah konstanta dielektrik yang efektif,  $Lp$  adalah panjang patch, dan  $\Delta L$  adalah Frekuensi resonansi dari antenna

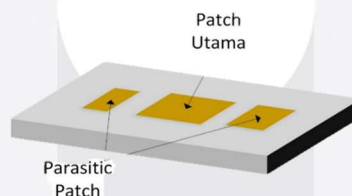
$$Ws = 6h + Wp \quad (2.7)$$

$$Ls = 6h + Wp \quad (2.8)$$

$$Ag = 6t + a \quad (2.9)$$

Dimana  $Ws$  merupakan lebar groundplane,  $Ls$  adalah panjang groundplane,  $Ag$  adalah dimensi minimum groundplane,  $t$  adalah ketebalan tembaga, dan  $a$  lebar patch.

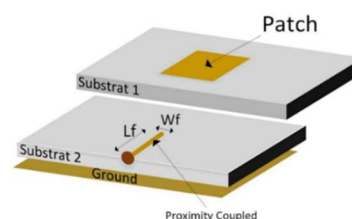
### 2.3 Patch Parasitic



Gambar 2.3 Patch parasitic

Salah satu cara untuk mengatasi karakteristik bandwidth yang sempit dari antenna mikrostrip yaitu dengan metode patch parasitik. Metode ini akan memberi beban antenna yang berdampak pada meningkatnya lebar bandwidth dan gain dari antenna. Struktur dari patch parasitik yaitu dengan menempatkan patch tambahan di sisi patch utama. Dengan kelebihan yang dimiliki oleh metode ini, penggunaannya sangat cocok untuk antenna ESM yang akan dirancang.

### 2.4 Pencatuan Proximity



Gambar 2.4 Pencatuan proximity

Teknik pencatuan proximity coupled mempunyai performansi yang baik dalam hal lebar bandwidth dan gain dari antenna yang tinggi. Berdasarkan gambar 2.4 struktur dasar dari pencatuan proximity coupled menggunakan dua layer substrat. Elemen patch dari antenna microstrip ditempatkan pada bagian atas layer pertama, sementara pencatuan nya ditempatkan pada bagian atas layer kedua dengan groundplane berada pada bagian bawah dari layer kedua substrat-nya. Untuk menghitung lebar dan panjang dari catuan proximity copled dapat menggunakan persamaan berikut :

$$W_f = \left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{8h}{e^{2A}-2} \right) |A > 1,52| \\ \left( \frac{2h}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} (\ln B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right) |A < 1,52| \end{array} \right\} \quad (2.10)$$

$$A = \frac{Z_0}{60} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left( 0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (2.11)$$

$$B = \frac{60^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.12)$$

Keterangan :

$W_f$  = Lebar pencatuan (mm)

$\epsilon_r$  = Karakteristik permitivitas relatif

$h$  = Tebal bahan dielektrik (mm)

$Z_0$  = Impedansi catuan ( $\Omega$ )

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.13)$$

$$\lambda_g = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{reff}} f} \quad (2.14)$$

dimana ,  $L_f$  adalah Panjang pencatuan (mm)

## 2.5 Parameter Antena

Parameter antena berfungsi sebagai acuan dari antenna agar dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Parameter tersebut adalah sebagai berikut :

1. Return Loss adalah hilangnya daya yang disebabkan oleh sinyal yang direflesikan karena tidak seimbang nya beban pada saluran transmisi dalam satuan dB. Return loss memberi pengukuran agar sebuah antenna bekerja dengan baik.
2. VSWR adalah koefisien pantul, yang dideskripsikan sebagai daya pantul yang dipantulkan kembali ke antenna. VSWR merupakan perbandingan tegangan maksimum dan minimum suatu gelombang berdiri akibat adanya daya pantul gelombang yang disebabkan tidak seimbang nya impedansi antenna dengan impedansi saluran transmisinya.
3. Impedansi adalah nilai tahanan yang berasal dari catuannya, besaran impedansi merupakan faktor penting agar sebuah antenna memiliki performa kinerja yang baik.
4. Pola radiasi didefinisikan sebagai variasi dari daya yang diradiasikan oleh antenna, yang berfungsi untuk mengetahui arah radiasi dari sebuah antenna. Pola radiasi dibagi menjadi 3 jenis yaitu [11], pola radiasi directional antenna yang meradiasikan sinyalnya ke satu arah, dan lebih besar daripada arah yang lain, omnidirectional, arah pancar dengan pola melingkar pada bidang tertentu, dan meradiasikan sinyal ke berbagai arah pada satu bidang dengan energi yang sama besar, dan Isotropis, arah pancarnya ke berbagai arah pada seluruh bidang dengan energi yang sama besar. Isotropis merupakan sebuah teori, dan tidak bisa direalisasikan.
5. Gain merupakan mengukur kemampuan daya yang ditransmisikan dari antenna dari arah tertentu, dan dideskripsikan sebagai kuat daya sinyal yang dapat dikirim atau diterima dari sebuah antenna. satuan yang digunakan gain adalah dBi (dB isotropic), dBi merupakan satuan penguatan dari antenna terhadap suatu antenna isotropic.

## 3. Perancangan dan Simulasi Antena

### 3.1 Spesifikasi Antena

Penelitian ini memfokuskan pada analisis performansi antenna yang digunakan pada sistem ESM, dan tidak membahas ESM secara khusus.

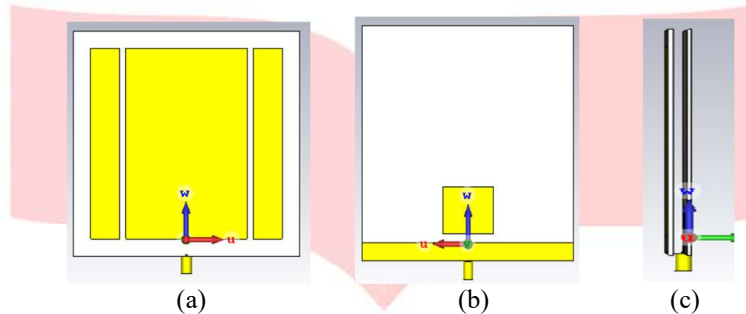
Tabel 3.1 Spesifikasi antenna

Spesifikasi	Deskripsi
Desain antenna	Mikrostrip patch rektangular
Frekuensi kerja	S – Band (2 – 4 GHz)
Impedansi	50 $\Omega$
Bandwidth	2 GHz
Return loss	$\leq -10$
VSWR	$\leq 2$
Pola radiasi	Unidirectional

Gain	3 – 6 dB
Polarisasi	Linier
Bahan	FR – 4 Epoxy

### 3.2 Simulasi Menggunakan Software

Pada tahapan ini, hasil dari perhitungan dimensi yang diperoleh akan disimulasikan menggunakan software. Hasil dari perhitungan dimensi yang sudah dilakukan kemudian dimasukkan ke dalam software. Apabila hasil dari simulasi perhitungan belum memenuhi dengan spesifikasi yang telah ditentukan, maka akan dilakukan optimasi. Simulasi merupakan tahapan yang penting sebelum dilakukannya pabrikan, karena hasil dari simulasi akan menentukan bagaimana hasil yang akan dilakukan sebelum fabrikasi. Terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan saat simulasi, yaitu return loss, bandwidth, gain, VSWR, pola radiasi, dan polarisasi.



**Gambar 3.1** Antena setelah disimulasi dan optimasi (a) Tampak depan (b) Tampak belakang (c) tampak samping

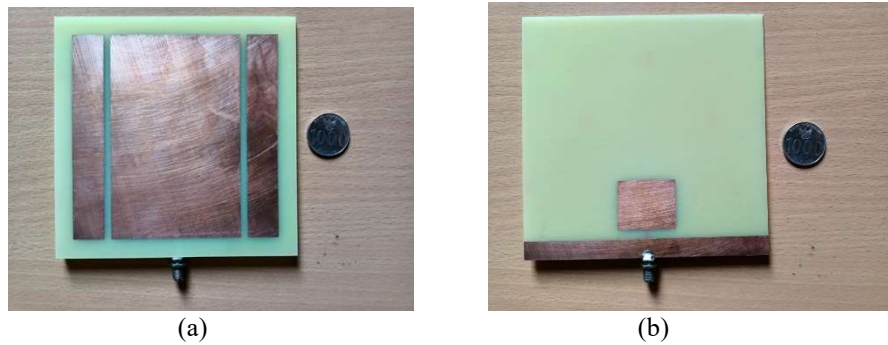
**Tabel 3.2** Dimensi antena setelah dimulasikan dan optimasi

Variabel	Nilai (mm)	Keterangan
WP	70	Lebar Patch Utama
LP	110	Panjang Patch Utama
WF	2,5	Lebar Saluran Transmisi
LF	10	Panjang Saluran Transmisi
ST	5	Tinggi Slot
SL	1	Lebar Slot
Substrat	1,6	Ketebalan Substrat
d	3,5	Jarak Antara Elemen
WP_P	110	Lebar Patch Parasitic
LP_P	17	Panjang Patch Parasitic
LG	10	Panjang Groundplane
LF_2	24	Panjang Saluran Transmisi 2
GAP	5	Jarak Antara Substrat
WG_P	31	Lebar Patch Groundplane
LG_P	26	Panjang Patch Ground Plane
G_G	5	Jarak Geser Ground

Setelah proses simulasi dan optimasi dilakukan, nilai dari beberapa parameter yang telah ditentukan sudah memenuhi dengan spesifikasi. Parameter tersebut antara lain return loss sebesar  $\leq -10$  dan VSWR  $\leq 2$  pada frekuensi 2 – 4 GHz. Bandwidth sebesar 2 GHz, impedansi mendekati  $50\Omega$  seperti yang diharapkan, pola radiasi unidirectional, polarisasi linier, gain sebesar 5,879 dB pada frekuensi tengahnya.

### 4. Pengukuran dan Analisis

Pada hasil simulasi yang telah dilakukan, dapat dianalisa bahwa hasil optimasi yang telah dilakukan berhasil. Proses optimasi tersebut menghasilkan antena yang sesuai dengan spesifikasi seperti nilai VSWR  $\leq 2$ , return loss  $\leq -10$  pada frekuensi kerja ESM (Electronic Support Measure) yaitu 2 – 4 GHz. Hasil pola radiasi juga sudah sesuai dengan syarat ESM yaitu directional pada frekuensi kerja 3 GHz. Hasil gain dari antena yang dioptimasi adalah 5,876 dB, hasil tersebut sudah sesuai syarat dari ESM sebesar 1 – 8 dB. Sehingga tahap selanjutnya dapat dilakukan yaitu fabrikasi antena. Fabrikasi antena adalah proses cetak antena dari hasil simulasi optimum, fabrikasi dilakukan oleh penyedia jasa pencetakan antena. Proses pencetakan dilakukan oleh pihak profesional, hal itu diharapkan agar tingkat ketelitian semakin baik.



**Gambar 4.1** Antena yang telah difabrikasi (a) Tampak depan (b) Tampak belakang

#### 4.1 Hasil Return Loss dan VSWR

Perubahan pada dimensi patch peradiasi utama cukup signifikan, apabila panjang dan lebar patch semakin dinaikan mengalami perubahan pada pergeseran frekuensinya. Sedangkan perubahan dimensi parasitik berpengaruh pada nilai return loss dan VSWR pada frekuensi bawahnya. Semakin besar dimensi parasitiknya, maka semakin besar nilai return loss. Sebaliknya apabila dimensi parasitik semakin besar, maka nilai VSWR semakin kecil. Jarak antara patch peradiasi utama dengan patch parasitik berpengaruh pada nilai return lossnya, apabila jaraknya semakin berdekatan maka hasil yang dihasilkan tidak bagus.

Pada catuan proximity, gap ini dibutuhkan untuk menentukan jarak yang tepat antara substratnya. Pada frekuensi bawahnya gap berpengaruh pada nilai return loss dan VSWR, semakin besar gapnya maka nilai return loss semakin besar dan nilai VSWR semakin kecil. Namun pada frekuensi atasnya, semakin besar jaraknya maka nilai return loss semakin kecil dan nilai VSWR semakin besar. Hasil setelah dilakukan pengukuran sudah memenuhi dari spesifikasi awal yang ditentukan.

**Tabel 4.1** Perbandingan hasil return loss

Frekuensi (GHz)	Nilai (dB)	
	Simulasi	Pengukuran
2	-11,64	-11,039
2,5	-20,644	-10,952
3	-10,785	-11,981
3,5	-14,129	-17,249
4	-10,549	-15,721

**Tabel 4.2** Perbandingan hasil VSWR

Frekuensi (GHz)	Nilai	
	Simulasi	Pengukuran
2	1,7093	1,7636
2,5	1,2047	1,7947
3	1,8125	1,6659
3,5	1,4894	1,3165
4	1,8444	1,3936

#### 4.2 Hasil Impedansi

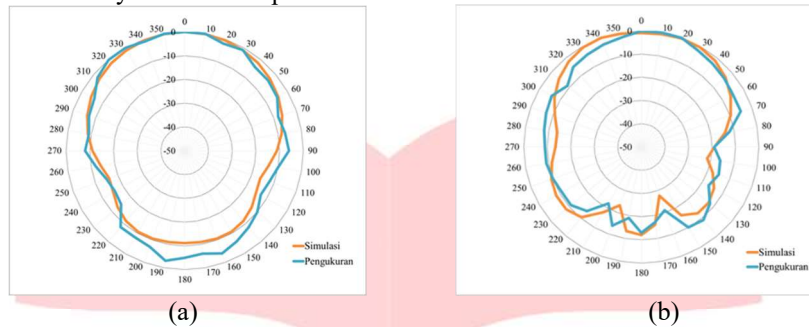
Hasil dari impedansi ini berbeda hal itu terjadi karena faktor dari kurangnya tingkat ketelitian pada saat fabrikasi, akan tetapi hasil tersebut sudah sesuai dengan harapan mendekati  $50\Omega$ ,

**Tabel 4.3** Perbandingan hasil impedansi

Frekuensi (GHz)	Nilai	
	Simulasi	Pengukuran
2	59,393 $\Omega$	33,657 $\Omega$
2,5	57,482 $\Omega$	86,748 $\Omega$
3	41,945 $\Omega$	36,074 $\Omega$
3,5	37,553 $\Omega$	47,382 $\Omega$
4	42,338 $\Omega$	48,325 $\Omega$

**4.3 Hasil Pola radiasi dan Gain**

Pengukuran pola radiasi bertujuan untuk mengetahui level keluaran daya maupun tingkat penerimaan sinyal dari sebuah antenna. Pengukuran pola radiasi didapatkan melalui analisis dari sudut azimuth dan elevasi. Akan tetapi, ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pola radiasi dari pengukuran. Seperti rotasi dari Antenna Under Test dilakukan secara manual, maupun alat pengukuran yang kurang mendukung. Hal tersebut dapat menyebabkan nilai yang didapatkan oleh spectrum analyzer sering berubah, itu dapat mengakibatkan nilai yang tercatat tidak sesuai dengan nilai sebenarnya. Dapat terlihat pada gambar 4.2 bahwa pola radiasi antenna yang dirancang yaitu unidirectional dikarenakan daya terbesarnya itu mengarah pada salah satu sudut, hal tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi awal yaitu memiliki pola radiasi unidirectional



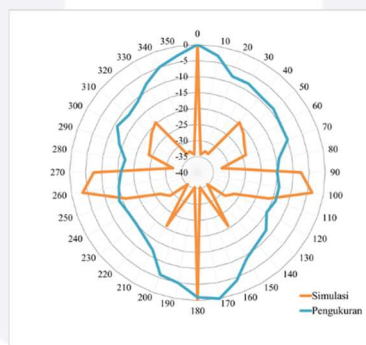
**Gambar 4.2** Hasil pola radiasi (a) Azimuth (b) Elevasi

**Tabel 4.3** Perbandingan hasil gain

Frekuensi (GHz)	Gain (dB)	
	Simulasi	Pengukuran
2	3,137	2,6
3	5,879	5,3
4	5,384	5,2

Pengukuran gain ini dilakukan dengan membandingkan hasil dua buah antenna yaitu antenna yang sedang di test dan antenna referensi. Gain dari antenna referensi diketahui berbeda pada setiap frekuensinya, yaitu pada 2 GHz sebesar 6,5 dB, 3GHz sebesar 8 dB, dan 4 GHz sebesar 9,5 dB . Dari tabel 4.3 dapat terlihat bahwa nilai gain yang dihasilkan dari simulasi memiliki perbedaan dengan hasil pengukuran, perubahan tersebut cukup signifikan.

**4.4 Hasil Polarisasi**



**Gambar 4.3** Hasil polarisasi

Polarisasi merupakan suatu perubahan dari arah pola getaran gelombang cahaya yang tadinya acak menjadi terpusat satu arah polo getaran. Polarisasi dapat ditentukan dengan cara menganalisis rasio kuat medan listrik, dengan begitu polarisasi dapat terlihat bentuknya. Dari hasil simulasi dan pengukuran dapat dianalisis rasio kuat medan magnet elektriknya sebesar 31,6227766 dB pada frekuensi 3 GHz yang artinya bahwa antenna yang dirancang memiliki polarisasi elips.

**5. Kesimpulan**

Kesimpulan yang di dapatkan dari seluruh proses perancangan, simulasi, dan realisasi antenna microstrip pada frekuensi 2 – 4 GHz untuk Electronic Support Measue (ESM) yaitu sebagai berikut :

1. Antenna microstrip rektangular proximity coupled dengan parasitic patch yang dirancang dapat digunakan pada ESM di frekuensi S – Band.

2. Dengan digunakannya parasitic patch diperoleh bandwidth yang lebih lebar jika dibandingkan tanpa parasitic patch.
3. Perubahan pada lebar patch utama dan parasitik berpengaruh pada hasil gain yaitu semakin kecil lebarnya maka semakin besar nilai gainnya. Namun berbanding terbalik dengan hasil gain antara jarak elemen, karena semakin besar jaraknya maka semakin besar nilai gainnya.
4. Dengan digunakannya catuan proximity nilai return loss semakin baik, hal itu juga berpengaruh pada lebar bandwidth yang semakin lebar. Dapat disimpulkan juga bahwa jarak atau gap dari catuan proximity berpengaruh pada keluaran gainnya, yaitu semakin besar jaraknya maka semakin besar gain yang dihasilkan.
5. Antena yang dirancang menghasilkan bandwidth sebesar 2 GHz pada frekuensi 2 – 4 GHz dan memiliki nilai return loss sebesar  $\leq -10$  serta VSWR sebesar  $\leq 2$  pada frekuensi atas, tengah, dan bawahnya.
6. Antena yang dirancang menghasilkan gain sebesar 2,6 dB pada frekuensi 2 GHz, pada frekuensi 3 GHz sebesar 5,3 dB, dan frekuensi 4 GHz sebesar 5,2 dB. Nilai gain yang dihasilkan sudah memenuhi pada pengaplikasian ESM sebesar 1 – 8 dB.
7. Pola radiasi dari antena yang telah disimulasikan dan dirancang memiliki bentuk pola radiasi Unidirectional
8. Antena memiliki nilai Axial Ratio sebesar 31,6227766 dB pada frekuensi 3GHz, nilai tersebut menghasilkan polarisasi elips.

### References

- [1] Y. Muthiah, Amalina; Nugroho, Bambang Setia; Wahyu, “ANTENA OMNIDIRECTIONAL ULTRA WIDE BAND ( UWB ) UNTUK APLIKASI ELECTRONIC SUPPORT MEASURE ( ESM ),” 2018.
- [2] M. Furqan, A. A. Muayyadi, and Y. Wahyu, “PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MICROSTRIP BOWTIE UNTUK ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM) PADA FREKUENSI 2 – 4 GHz,” 2018, vol. 5, no. 3, pp. 5294–5301.
- [3] R. R. Putra, “PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MICROSTRIP BOWTIE UNTUK ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM) PADA FREKUENSI 8 – 12 GHz.” Universitas Telkom, S1 Teknik Telekomunikasi, 2018.
- [4] Indonesia Institute Of Sciences, “Proceedings of the 7th National Radar Seminar And International Conference On Radar , Antenna , Microwave , Electronics And Telecommunications ( ICRAMET ) 2013,” 2013, no. March.
- [5] H. Werfelli, K. Tayari, M. Lahiani, and H. Ghariani, “Design of Rectangular Microstrip Patch Antenna for,” vol. 1, no. 6, pp. 47–52, 2014.
- [6] P. Akila, P. Akshaya, L. Aparna, J. Mary, and S. Mol, “Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna Using Alumina and Paper Substrate for Wifi Application,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, pp. 3287–3290, 2018.
- [7] F. Abdurrahman, “DESAIN ANTENA MICROSTRIP RECTANGULAR UNTUK WIFI,” 2018.
- [8] K.-L. Wong, *Compact Circularly Polarized Microstrip Antennas*. 2002.
- [9] D. Bhalla, “Design of a Rectangular Microstrip Patch Antenna Using Inset Feed Technique,” *IOSR J. Electron. Commun. Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 08–13, 2013.
- [10] R. T. Cahyanti, “PERANCANGAN DAN REALISASI ARRAY MICROSTRIP SLOT ANTENNA PADA FREKUENSI KU-BAND UNTUK ELECTRONIC SUPPORT MEASURE (ESM).” Universitas Telkom, S1 Teknik Telekomunikasi, 2018.
- [11] R. Bansal, “Antenna theory; analysis and design,” *Proc. IEEE*, vol. 72, no. 7, pp. 811–876, 2008.
- [12] S. Bisht, S. Saini, V. Prakash, and B. Nautiyal, “Study The Various Feeding Techniques of Microstrip Antenna Using Design and Simulation Using CST Microwave Studio,” *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 4, no. 9, pp. 318–324, 2014.
- [13] R. Verma, R. Rana, N. Vyas, V. Kaushik, and A. K. Arya, “Design Study of Microstrip Antenna with Various Feeding Techniques : A Review,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 3, no. 5, pp. 619–622, 2014.
- [14] R. L. Baker and H. J. Sullivan, “An Introduction Synthetic Aperture Radar (SAR),” *Contemp. Psychol. A J. Rev.*, vol. 11, no. 6, pp. 305–306, 1966.
- [15] G. Limnaios, D. Oikonomou, P. Nomikos, and K. C. Zikidis, “Passive Radars and their use in the Modern Battlefield,” *J. Comput. Model.*, vol. 9, no. 2, pp. 1792–8850, 2019.
- [16] W. Wiesbeck, L. Sit, M. Younis, T. Rommel, G. Krieger, and A. Moreira, “Radar 2020: The future of radar systems,” in *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 2015, vol. 2015-Novem, pp. 188–191.