

# PERANCANGAN PROTOTYPE ANTENA MIKROSTRIP PATCH ARRAY FREKUENSI 2,76 GHz UNTUK APLIKASI ANTENA RADAR MARITIM

Akbar Satria Wardhana<sup>\*)</sup>, Yuli Christyono, and Teguh Prakoso

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: akbar\_satri@yahoo.com

## Abstrak

Radar merupakan perangkat yang digunakan untuk melakukan pengawasan jarak jauh dengan cara memancarkan gelombang elektromagnetik. Antena radar digunakan untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Antena memiliki berbagai macam jenis, salah satunya antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki pola radiasi yang terarah sehingga cocok untuk sistem antena radar. Antena yang dirancang pada tugas akhir ini adalah antena mikrostrip dengan frekuensi resonansi 2,76 GHz, lebar pita 60 MHz, dan gain lebih dari sama dengan 10 dBi untuk 1 sampel antena. Pada perancangan antena menggunakan substrat Epoxy FR4 dengan konstanta dielektrik 4,3 dan ketebalan 1,575 mm. Untuk proses simulasi antena digunakan perangkat lunak CST Studio Suite 2014. Dari 4 antena sampel yang sudah diuji, sampel A beresonansi pada frekuensi 2,768 GHz dengan lebar pita 61 MHz, sampel B pada frekuensi 2,760 GHz dengan lebar pita 64 MHz, sampel C pada frekuensi 2,750 GHz dengan lebar pita 62 MHz, dan sampel D pada frekuensi 2,750 GHz dengan lebar pita 63 MHz. Semua sampel antena memiliki VSWR kurang dari 1,8. Antena sampel A memiliki gain 7,17 dBi, sampel B memiliki gain 7,34 dBi, sampel C memiliki gain 5,9 dBi, dan sampel D memiliki gain 5,65 dBi. Semua sampel antena menghasilkan pola radiasi directional dan polarisasi elips.

*Kata kunci: Antena mikrostrip, frekuensi resonansi, lebar pita, pola radiasi*

## Abstract

Radar is device that is used for long distance surveillance by radiating electromagnetic wave. The antenna radar is used to transmit and receive electromagnetic wave. There are many types of antenna, one of them is microstrip antenna. Microstrip antenna has directional radiation pattern that is suitable for radar antenna system. The antenna which is designed for final project is microstrip antenna with resonant frequency at 2,76 GHz, bandwidth 60 MHz, and gain greater than or equal to 10 dBi for 1 antenna sample. The antenna is designed with Epoxy FR4 substrate that has dielectric constant 4,3 and thickness 1.575 mm. Simulation process is performed by CST Studio Suite 2014. From 4 antenna samples that have been tested, sample A resonated at 2,768 GHz with 61 MHz of bandwidth, sample B resonated at 2,760 GHz with 64 MHz of bandwidth, sample C resonated at 2,750 GHz with 62 MHz of bandwidth, and sample D resonated at 2,750 GHz with 63 MHz of bandwidth. All of antenna samples have VSWR less than 1,8. The antenna from sample A has 7,17 dBi of gain, sample B has 7,34 dBi of gain, sample C has 5,9 dBi of gain, and sample D has 5,65 dBi of gain. All of the antenna samples acquire directional radiation pattern and elliptical polarization.

*Keywords : Microstrip antenna, resonant frequency, bandwidth, radiation pattern*

## 1. Pendahuluan

Dalam dunia telekomunikasi terutama di bidang radar dan navigasi, diperlukan suatu sistem radar yang dapat mendeteksi objek dengan tepat dan akurat. Salah satu komponen radar memiliki peranan yang sangat penting, yaitu antena. Antena merupakan piranti transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, sehingga antena berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang

elektromagnetik[2]. Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan melalui antena radar akan dipantulkan saat mengenai objek. Pantulan gelombang elektromagnetik yang kembali akibat pantulan tersebut diterima oleh antena penerima pada radar dan kemudian diproses untuk mendapatkan informasi lokasi obyek. Oleh karena itu, dibutuhkan antena yang bersifat *directional* untuk menentukan lokasi objek. Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang bersifat *directional* sehingga sering

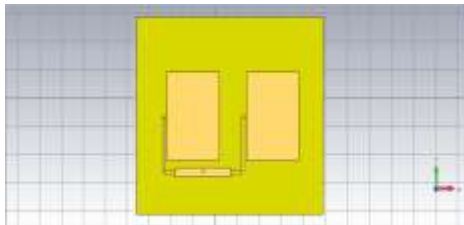
digunakan untuk sistem antenna radar.

## 2. Metode

### 2.1. Perancangan Spesifikasi

Spesifikasi antenna menjadi bagian yang penting dalam proses perancangannya. Antena yang akan dibuat adalah antenna mikrostrip segiempat *patch array* dengan spesifikasi:

- Frekuensi resonansi 2,760 GHz
- Parameter  $S_{11} \leq -10$  dB
- VSWR  $\leq 1,8$
- Lebar pita 60 MHz (2,730 – 2,790 GHz)
- Gain  $\geq 10$  dBi untuk 4 elemen *patch array*
- Pola radiasi *directional*
- Polarisasi linier horizontal



Gambar 1. Gambaran antenna mikrostrip patch array

Desain antenna mikrostrip *patch array* terdiri dari 2 *patch* berbentuk segiempat yang dihubungkan oleh saluran mikrostrip. Teknik penyambungan menggunakan teknik penyambungan koaksial. Titik koaksial berada di pusat saluran mikrostrip.

### 2.2. Perancangan Dimensi Antena

Struktur dasar dari antenna mikrostrip terdiri dari sebuah elemen peradiasi (*radiator*) atau biasa disebut sebagai *conducting patch*, elemen substrat (*dielectric substrate*), dan elemen pentanahan (*ground plane*). Ukuran elemen peradiasi atau *patch* didapatkan dari persamaan berikut[6].

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$$

dengan  $W$  adalah lebar *patch* dalam meter,  $c$  adalah kecepatan cahaya sebesar  $3 \times 10^8$  m/s,  $f_0$  adalah frekuensi resonansi dalam Hz, dan  $\epsilon_r$  adalah permitivitas / konstanta dielektrik bahan. Selanjutnya menghitung nilai konstanta dielektrik efektif apabila  $W/h > 1$  ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut :

$$E_{EFF} = \frac{E_r + 1}{2} + \left( \frac{E_r - 1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{12h}{W}\right)^2}} \right)$$

dengan  $E_{EFF}$  adalah konstanta dielektrik efektif,  $E_r$  adalah konstanta dielektrik bahan,  $h$  adalah ketebalan bahan

dalam meter, dan  $W$  adalah lebar *patch* dalam meter. Untuk  $W/h < 1$  dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W}\right)^2}} + 0,04 \left(1 - \frac{W}{h}\right)^2 \right]$$

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* ( $L$ ) diperlukan parameter yang merupakan pertambahan panjang akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari  $L$  yaitu  $\Delta L$  tersebut dirumuskan sebagai :

$$\Delta L = 0,412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)}$$

Untuk frekuensi resonansi yang ditunjukkan  $f_0$ , panjang efektif diberikan sebagai :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

Sehingga panjang *patch* merupakan selisih dari panjang efektif dengan dua kali panjang celah seperti persamaan sebagai :

$$L = L_{eff} - 2\Delta L$$

### 2.3. Perancangan Saluran Mikrostrip

Pada perancangan saluran mikrostrip, digunakan saluran dengan impedansi 50  $\Omega$ , 70,7  $\Omega$  dan 100  $\Omega$ . Nilai impedansi saluran dipengaruhi oleh lebar saluran mikrostrip. Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan sebagai berikut :

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

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}$$

### 2.4. Simulasi Dengan CST Studio Suite 2014

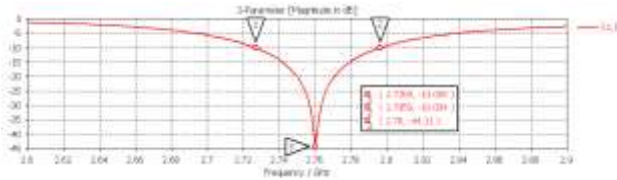
Setelah ukuran dimensi antenna didapatkan, tahapan selanjutnya adalah melakukan perancangan dan simulasi dengan perangkat lunak CST Studio Suite 2014. Hasil dimensi yang optimal didapatkan secara simulasi melalui *parametric study*.

#### 2.4.1. Simulasi Parameter $S_{11}$

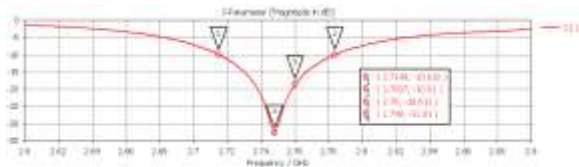
Berdasarkan hasil simulasi pada CST, nilai  $S_{11}$  antenna dapat diketahui berdasarkan nilai  $S_{11}$  pada grafik *S-Parameter*. Pada perancangan antenna mikrostrip *patch array* dilakukan simulasi untuk tahap 1 elemen dan 4 elemen. Hasil simulasi *S-Parameter* antenna mikrostrip *patch array* ditunjukkan oleh Gambar 2 dan 3.

Berdasarkan Gambar 2 dan 3 hasil simulasi antenna mikrostrip *patch array* dengan 1 elemen memiliki nilai  $S_{11}$  paling rendah yaitu sebesar -44,10 dB pada frekuensi 2,76 GHz. Pada antenna mikrostrip dengan empat elemen,

nilai  $S_{11}$  paling rendah sebesar -32,81 dB pada frekuensi 2,748 GHz. Perbedaan nilai disebabkan karena adanya pengaruh *coupling* daya antar elemen yang berada pada antenna *patch array* 4 elemen.



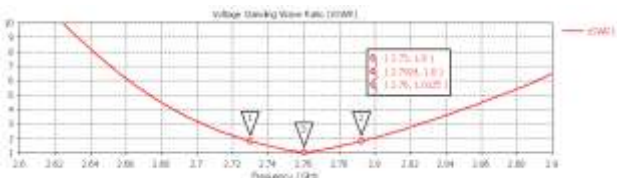
Gambar 2. Hasil simulasi S-Parameter antenna mikrostrip patch array 1 elemen



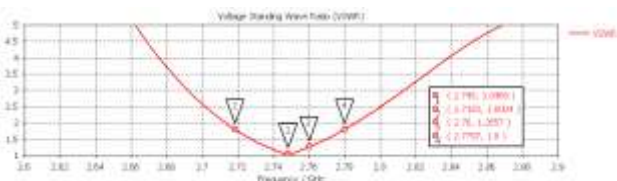
Gambar 3. Hasil simulasi S-Parameter antenna mikrostrip patch array 4 elemen

### 2.4.2. Simulasi VSWR

Pada simulasi VSWR antenna mikrostrip *patch array* dilakukan simulasi untuk tahap 1 elemen dan 4 elemen. Hasil simulasi VSWR antenna mikrostrip *patch array* ditunjukkan oleh Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Hasil simulasi VSWR antenna mikrostrip patch array 1 elemen



Gambar 5. Hasil simulasi VSWR antenna mikrostrip patch array 4 elemen

Berdasarkan gambar 4 dan 5 dapat diketahui nilai VSWR dari simulasi yang dilakukan, antenna mikrostrip *patch array* 1 elemen memiliki nilai VSWR terendah yaitu 1:1,01 pada frekuensi 2,76 GHz. Pada antenna mikrostrip *patch array* 4 elemen, VSWR terendah yaitu 1:1,04 pada frekuensi 2,748 GHz. Pergeseran frekuensi dan perbedaan nilai VSWR disebabkan karena adanya pengaruh *coupling* daya antar elemen.

### 2.4.3. Simulasi Lebar Pita

Pada simulasi, nilai lebar pita atau *bandwidth* ditentukan pada rentang frekuensi yang memiliki nilai VSWR kurang dari sama dengan 1:1,8. Berdasarkan simulasi VSWR nilai lebar pita didapat pada Tabel 1.

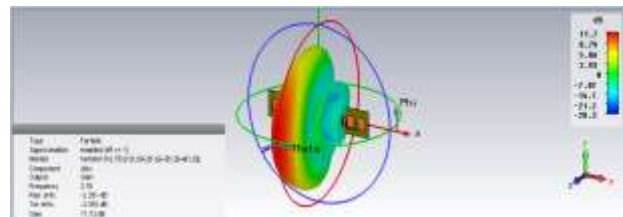
Tabel 1. Hasil simulasi lebar pita antenna mikrostrip patch array

Antena	Lebar pita frekuensi (MHz)
1 elemen	62,4
4 elemen	61,4

Dari hasil simulasi didapat lebar pita paling sempit terdapat pada antenna mikrostrip 4 elemen dengan lebar pita 61,4 MHz. Perbedaan kurva VSWR mempengaruhi perbedaan lebar pita frekuensi.

### 2.4.4. Simulasi Gain 3 Dimensi

Berdasarkan proses simulasi didapatkan nilai *gain* antenna mikrostrip *patch array* 4 elemen yang ditunjukkan pada Gambar 6.

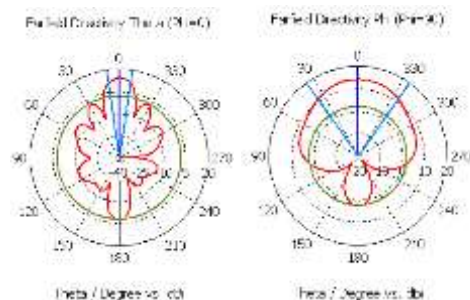


Gambar 6. Hasil simulasi 3D gain antenna mikrostrip patch array 4 elemen

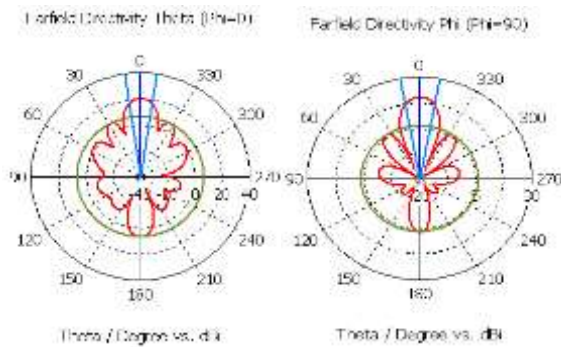
Dari Gambar 6 didapat besar *gain* pada antenna mikrostrip *patch array* 4 elemen sebesar 11,7 dB. Hal tersebut sudah mencapai spesifikasi yang diinginkan yaitu lebih dari 10 dBi untuk 4 elemen antenna.

### 2.4.5. Simulasi Pola Radiasi Antena

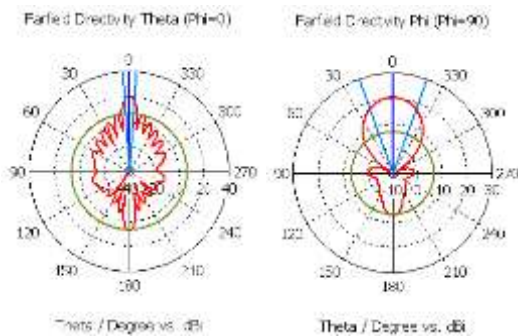
Pada simulasi pola radiasi dilakukan 3 kali simulasi yaitu untuk pola radiasi 1x4 elemen, 4x4 elemen, dan 2x8 elemen. Berikut hasil pola radiasi antenna pada bidang azimuth dan elevasi.



Gambar 7. Hasil simulasi pola radiasi pada diagram polar antenna mikrostrip 1x4 elemen pada bidang azimuth dan elevasi



Gambar 8. Hasil simulasi pola radiasi pada diagram polar antenna mikrostrip 4x4 elemen pada bidang azimuth dan elevasi



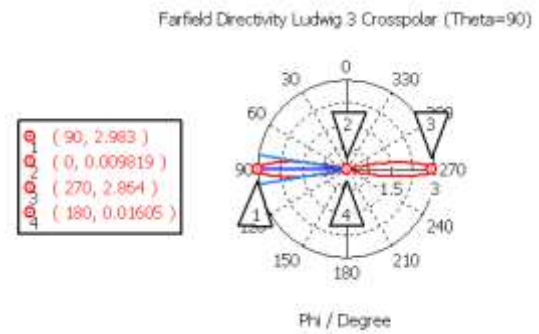
Gambar 9. Hasil simulasi pola radiasi pada diagram polar antenna mikrostrip 2x8 elemen pada bidang azimuth dan elevasi

Berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat bahwa semakin banyak susunan sejajar suatu elemen maka lebar berkas kuncup utama semakin sempit. Simulasi menunjukkan bahwa antenna adalah *directional*.

#### 2.4.6. Simulasi Polarisasi Antena

Simulasi polarisasi antenna pada CST 2014 dilihat pada bagian *axial ratio*. *Axial ratio* merupakan perbandingan magnitude pada 2 bidang yang ortogonal dari medan listrik atau magnet yang dihasilkan. Nilai *axial ratio* untuk polarisasi linier dalam skala linier mendekati tak hingga, sedangkan polarisasi melingkar bernilai 1, dan polarisasi elips bernilai dari 1 hingga tak berhingga dalam skala linier. *Axial ratio* simulasi ditunjukkan dalam *Ludwig Crosspolar* seperti gambar 10.

Pada komponen ortogonal misal pada sudut 90° dengan 0° perbandingan nilai jika dibulatkan maka hasilnya sangat besar yaitu 332,22 atau mendekati tak hingga. Hal ini menunjukkan bahwa antenna memiliki polarisasi linier. Nilai *major* terdapat pada sudut 90° dan 270° atau bidang horizontal menunjukkan polarisasi linier horizontal.



Gambar 10. Hasil Ludwig Crosspolar

### 3. Pengujian dan Analisis

#### 3.1. Pengujian Parameter $S_{11}$

Pada pengujian ini antenna yang diuji adalah antenna mikrostrip *patch array* 4 elemen untuk semua sampel antenna. Hasil pengujian  $S_{11}$  untuk sampel A ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil pengujian  $S_{11}$  antenna mikrostrip sampel A oleh *Network Analyzer*

Hasil pengujian untuk sampel A, B, C, dan D kemudian dibandingkan dengan simulasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Pengujian  $S_{11}$  Antenna Mikrostrip

Antena	$S_{11}$ (dB)	Frekuensi Resonansi (GHz)	$S_{11}$ pada Frekuensi 2,76 GHz (dB)
Simulasi 1 Elemen	-44,10	2,760	-44,10
Simulasi 4 Elemen	-32,81	2,748	-18,61
Pengujian Sampel A	-40,85	2,768	-35,52
Pengujian Sampel B	-32,06	2,760	-32,06
Pengujian Sampel C	-22,85	2,750	-18,37
Pengujian Sampel D	-40,09	2,750	-28,44

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat terdapat perbedaan antara hasil simulasi dengan pengujian. Perbedaan nilai S11 antara hasil simulasi dengan pengujian serta pergeseran nilai frekuensi disebabkan oleh faktor bahan yang memiliki nilai  $\epsilon_r$  sedikit berbeda dengan  $\epsilon_r$  pada simulasi.

### 3.2. Pengujian VSWR

Pada pengujian ini antenna yang diuji adalah antenna mikrostrip *patch array* 4 elemen untuk semua sampel. Hasil pengujian VSWR sampel A ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil pengujian VSWR antenna mikrostrip sampel A oleh Network Analyzer

Hasil pengujian untuk sampel A, B, C, dan D kemudian dibandingkan dengan simulasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Pengujian VSWR Antena Mikrostrip

Antena	VSWR	Frekuensi Resonansi (GHz)	VSWR pada Frekuensi 2,76 GHz (dB)
Simulasi 1 Elemen	1:1,01	2,760	1:1,01
Simulasi 4 Elemen	1:1,04	2,748	1:1,26
Pengujian Sampel A	1:1,03	2,768	1:1,04
Pengujian Sampel B	1:1,05	2,760	1:1,05
Pengujian Sampel C	1:1,15	2,750	1:1,27
Pengujian Sampel D	1:1,01	2,750	1:1,07

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat terdapat perbedaan antara hasil simulasi dengan pengujian. Perbedaan VSWR antara hasil simulasi dengan pengujian serta pergeseran nilai frekuensi disebabkan oleh faktor bahan yang memiliki nilai  $\epsilon_r$  sedikit berbeda dengan  $\epsilon_r$  pada simulasi.

### 3.3. Pengujian Lebar Pita Frekuensi

Parameter antenna yang digunakan untuk menentukan

lebar pita antenna mikrostrip *patch array* berdasarkan nilai VSWR kurang dari sama dengan 1:1,8. Tabel perbandingan hasil simulasi dengan pengujian lebar pita ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan hasil simulasi dengan pengujian lebar pita antenna mikrostrip

Antena	Lebar Pita Frekuensi (MHz)
Simulasi 1 Elemen	62,4
Simulasi 4 Elemen	61,4
Pengujian Sampel A	61,2
Pengujian Sampel B	63,7
Pengujian Sampel C	62,5
Pengujian Sampel D	62,5

Dari Tabel 4 terlihat bahwa berdasarkan hasil pengujian antenna mikrostrip *patch array* memiliki lebar pita yang lebih sempit dibandingkan dengan hasil simulasinya. Adanya perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh faktor bahan yang memiliki nilai konstanta dielektrik yang tidak sama dengan konstanta dielektrik bahan pada simulasi.

### 3.4. Pengujian Gain

Pengukuran *gain* menggunakan *gain comparison method* yaitu membandingkan *gain* antenna uji dengan *gain* antenna referensi yang sudah diketahui nilai *gain* antenanya[4]. Hasil pengujian didapat data pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Gain Antena Mikrostrip Patch Array

Sampel Antena	Level Daya Terima Antena Uji (dBm)	Level Daya Terima Antena Referensi (dBm)
A	-39,15	-34,32
B	-39,31	-34,65
C	-40,27	-34,17
D	-40,94	-34,59

Dari tabel di atas didapat perhitungan *gain* seperti contoh berikut :

$$G(dBi) = G_{ref}(dBi) + P_U(dBm) - P_R(dBm)$$

$$G = 12 + (-39,15) - (-34,32) = 7,17 \text{ dBi}$$

Tabel 6. Perbandingan nilai *gain* antenna mikrostrip *patch array*

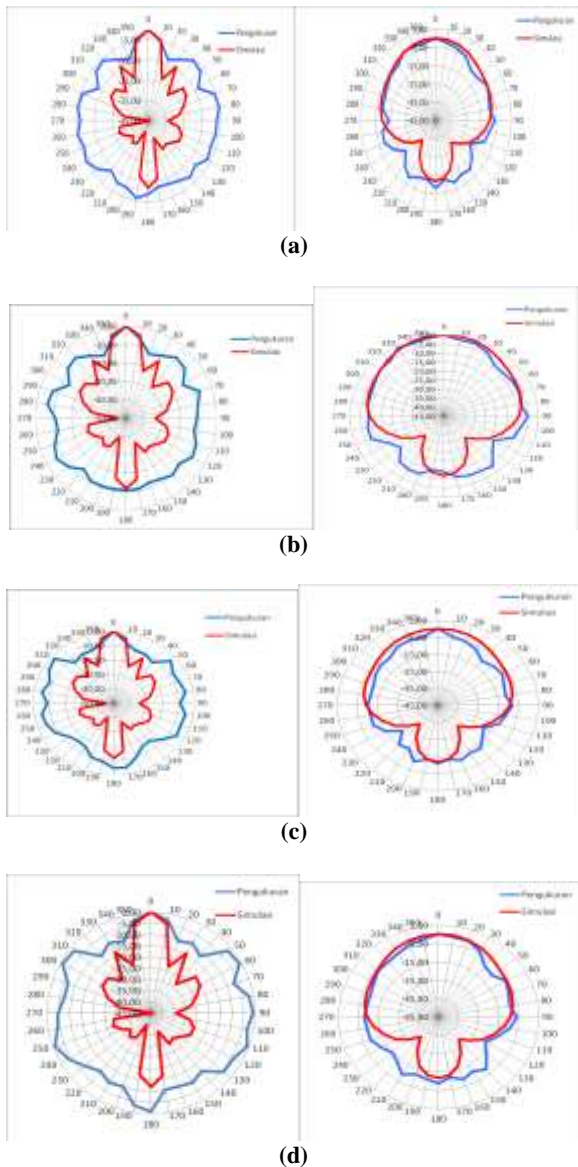
Antena	Gain (dBi)	
	Simulasi	Pengukuran
Sampel A		7,17
Sampel B		7,34
Sampel C	11,7	5,9
Sampel D		5,65

Berdasarkan hasil perbandingan nilai *gain* pada pengukuran lebih kecil dari simulasi disebabkan karena kondisi ruangan yang tidak ideal saat pengujian. Tiap sampel antenna memiliki *gain* yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena kurang akuratnya merealisasikan tiap sampel antenna. *Losses* ketidaksesuaian impedansi juga mempengaruhi hasil pengujian.

### 3.5. Pengujian Pola Radiasi Antena

#### 3.5.1 Pola Radiasi 1x4 Elemen

Pada pengujian ini dilakukan pengujian terhadap tiap sampel antena mikrostrip. Pola radiasi 1x4 elemen dari sampel A, B, C, dan D diukur berdasarkan level daya terima antena saat diputar 360° terhadap bidang azimuth dan elevasi. Hasil pengujian dibandingkan dengan simulasi pada diagram polar Gambar 13.



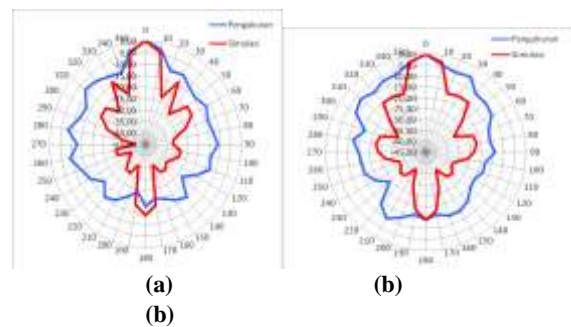
Gambar 13. Hasil pengujian pola radiasi azimuth dan elevasi antena mikrostrip patch array (a) Sampel A (b) sampel B (c) Sampel C (d) Sampel D

Pada hasil simulasi dengan pengukuran dapat dilihat terdapat perbedaan untuk tiap sampel antena baik di bidang azimuth maupun elevasi. Perbedaan ini disebabkan karena pantulan gelombang dari obyek di sekitar antena. Meskipun pola radiasi pengujian berbeda

dengan hasil simulasi, pada kuncup utama pola radiasi pengujian terdapat satu nilai daya terima terbesar. Nilai daya terima terbesar pada satu titik terdapat pada semua sampel antena. Hal ini menunjukkan bahwa antena mikrostrip patch array mempunyai pola radiasi directional untuk semua sampel.

#### 3.5.2. Pola Radiasi 4x4 Elemen

Pada pengujian ini dilakukan susunan antena mikrostrip patch array dari sampel A, B, C, dan D secara vertikal sehingga tersusun antena mikrostrip patch array sebanyak 16 elemen. Hasil pengujian dibandingkan dengan simulasi pada diagram polar seperti gambar 14.

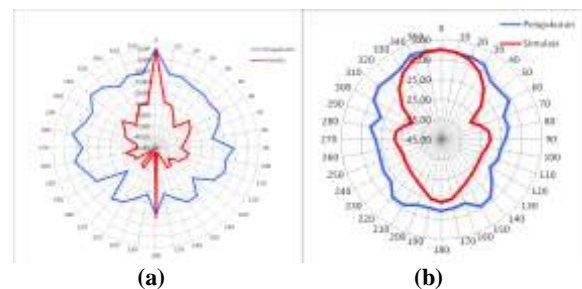


Gambar 14. Hasil pengujian pola radiasi antena mikrostrip patch array 4x4 elemen (a) Bidang azimuth (b) Bidang elevasi

Pada hasil simulasi dengan pengukuran dapat dilihat terdapat perbedaan di bidang azimuth dan elevasi. Perbedaan ini disebabkan karena pantulan gelombang dari objek di sekitar antena. Meskipun pola radiasi pengujian berbeda dengan hasil simulasi, pada kuncup utama pola radiasi pengujian terdapat satu nilai daya terima terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa antena mikrostrip patch array 4x4 elemen mempunyai pola radiasi directional.

#### 3.5.3. Pola Radiasi 2x8 Elemen

Pada pengujian ini dilakukan susunan antena mikrostrip patch array dari sampel A, B, C, dan D secara planar sehingga tersusun antena mikrostrip patch array sebanyak 16 elemen. Hasil pengujian dibandingkan dengan simulasi pada diagram polar seperti gambar 15.

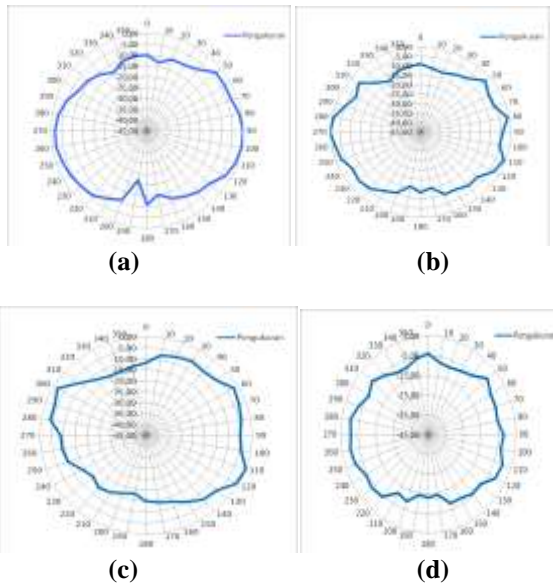


Gambar 15. Hasil pengujian pola radiasi antena mikrostrip patch array 2x8 elemen (a) Bidang azimuth (b) Bidang elevasi

Pada hasil simulasi dengan pengukuran dapat dilihat terdapat perbedaan di bidang azimuth dan elevasi. Perbedaan ini disebabkan karena pantulan gelombang dari objek di sekitar antenna. Meskipun pola radiasi pengujian berbeda dengan hasil simulasi, pada kuncup utama pola radiasi pengujian terdapat satu nilai daya terima terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *patch array* 2x8 elemen mempunyai pola radiasi *directional*.

### 3.6. Pengujian Polarisasi Antena

Pada pengujian polarisasi, pengujian dilakukan pada 4 elemen antenna mikrostrip *patch array* untuk setiap sampel antenna. Pengaturan pengujian polarisasi sama seperti pengujian pola radiasi. Namun, pada pengujian polarisasi, antenna diarahkan pada pemancar namun diputar dengan pusat antenna sebagai porosnya. Hasil pengujian ditunjukkan gambar 16.



Gambar 16. Hasil pengujian polarisasi antenna mikrostrip *patch array* (a) Sampel A (b) sampel B (c) Sampel C (d) Sampel D

Untuk menentukan polarisasi antenna secara pengujian, *level* daya terima maksimum dibandingkan dengan *level* daya terima minimum dalam satuan miliwatt (linier) dengan rumus *axial ratio* berikut:

$$AR = \frac{E_{mayor}}{E_{minor}} = \sqrt{\frac{P_{watt\ major}}{P_{watt\ minor}}}$$

dengan *Pwatt mayor* adalah *level* daya terima maksimum dan *Pwatt minor* adalah *level* daya terima minimum. Hasil perhitungan *axial ratio* untuk sampel A, B, C, dan D ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai *axial ratio* antenna mikrostrip *patch array*

Antena	Axial Ratio	
	Simulasi	Pengukuran
Sampel A		12,58
Sampel B		6,3
Sampel C	332,22	7,94
Sampel D		5,01

Polarisasi terdiri dari 3 macam yaitu polarisasi melingkar (*circular*), elips dan linier. Ketiga sifat polarisasi tersebut dapat dilihat dari perbandingan nilai perbandingan komponen yang ortogonal. Polarisasi melingkar secara linier memiliki nilai perbandingan sama dengan satu, untuk elips bernilai dari satu hingga tak berhingga, sedangkan untuk linier bernilai tak berhingga. Pada simulasi nilai tak terhingga hanya dapat ditampilkan maksimum 332,22. Nilai ini menunjukkan polarisasi antenna sudah linier. Dari tabel 7 yang berisi perbandingan komponen pada tiap sampel antenna dapat disimpulkan bahwa polarisasi hasil pengukuran sampel A, B, C, dan D bersifat elips. Perbedaan polarisasi pengukuran dan simulasi disebabkan karena kondisi pengukuran yang kurang ideal sehingga masih terdapat pantulan-pantulan yang mengakibatkan perbedaan polarisasi antara hasil simulasi dan pengukuran.

### 3.7 Evaluasi Performansi

Setelah melakukan pengujian pada semua parameter antenna, dilakukan evaluasi hasil untuk membandingkan hasil pengujian dengan spesifikasi yang diinginkan. Hasil perbandingan pengujian ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan spesifikasi dengan pengujian

Parameter	Spesifikasi	Pengujian Sampel Antena			
		A	B	C	D
S <sub>11</sub> (dB)	≤ -10	-35,52	-32,06	-18,37	-28,44
VSWR	≤ 1:1,8	1:1,04	1:1,05	1:1,27	1:1,07
Lebar Pita (MHz)	60	61,2	63,7	62,5	62,5
Gain (dBi)	≥ 10	7,17	7,34	5,90	5,65
Pola Radiasi	<i>Directional</i>			<i>Directional</i>	
Polarisasi	Linier Horizontal			Elips	

Dari hasil pengujian di atas terdapat selisih antara spesifikasi dan pengujian. Selisih tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti pengaruh fabrikasi yang kurang presisi, alat ukur yang kurang akurat, dan variasi medan pada saat pengukuran karena tidak di ruangan *anechoic chamber*.

## 4. Kesimpulan

Pada pengujian antenna mikrostrip *patch array* didapat frekuensi resonansi yang mendekati spesifikasi yaitu 2,76 GHz. Frekuensi resonansi didapat dari hasil pengujian

parameter  $S_{11}$  dan VSWR untuk semua sampel sudah konvergen yang menunjukkan setiap sampel menunjukkan performa yang identik. Lebar pita sebesar 61,2 MHz hingga 63,7 MHz juga mendekati spesifikasi. Lebar berkas radiasi antena mikrostrip *patch array* semakin bertambah sempit seiring dengan penambahan jumlah susunan elemen yang sejajar. Adanya perbedaan pada hasil simulasi dan pengukuran dalam perancangan antena ini dapat disebabkan karena kurang akuratnya dalam memodelkan dimensi-dimensi antena dan dalam menentukan jarak ukur dalam pengujian antena. Jika dimungkinkan hendaknya dilakukan pengamatan secara teliti terlebih dahulu terhadap dimensi antena dan jarak ukur sebelum melakukan pengujian. Faktor bahan dan kondisi ruangan juga dapat mempengaruhi hasil pengujian antena.

## **Referensi**

- [1]. R. Riyanto, "Perancangan dan Realisasi Antena Array Mikrostrip Pada Frekuensi X-Band Untuk Aplikasi Radar Maritim", Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Telkom, 2015.
- [2]. A. S. Wardhana, "Perancangan Antena Mikrostrip Frekuensi 9,4 GHz Untuk Aplikasi Radar X-Band", Laporan Kerja Praktek Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2014.
- [3]. J.D. Kraus, "Basic Antenna Concepts," dalam *Antennas*, 2<sup>nd</sup>ed., Mc.Graw Hill, New Delhi, 1988, hal 17-85.
- [4]. C. A. Balanis, "Fundamental Parameters of Antenna," dalam *Antena Theory Analysis and Design*, 3<sup>rd</sup>ed., John Wiley & Sons Inc., Kanada, 2005, hal 27-132.
- [5]. R. D. Cahyo, "Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip Array dengan Frekuensi 850 MHz Untuk Aplikasi Praktikum Antena", Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2011.
- [6]. R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, dan A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, Boston, London, 2001.
- [7]. Nugraha, Adhe Satya, "Perancangan dan Analisa Antena Mikrostrip dengan Frekuensi 850 MHz untuk Aplikasi Praktikum Antena", Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2011.