

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA *PHASED ARRAY* MIKROSTRIP 1×4 X-BAND

Zillya Fatimah^[1], Heroe Wijanto^[2], Yuyu Wahyu^[3]

^{1,2}ProdiS1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³PPET-LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

¹zillya.fatimah@gmail.com, ²heroewijanto@telkomuniversitv.ac.id, ³yuyu.wahyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Air Defense Radar, radar ini merupakan radar pertahanan udara yang mampu mendeteksi target di udara meliputi posisi dan kecepatan. sistem *Air Defense Radar* membutuhkan sebuah media transmisi berupa antenna. Untuk sistem radar konvensional, antenna radar diputar menggunakan rotator sehingga memungkinkan antenna melakukan scanning area sekitar antenna. Dengan aplikasi antenna phased array maka memungkinkan dilakukan scanning secara elektrik pada antenna radar, dimana dengan posisi antenna tidak berubah tetapi polarisasi bisa diarahkan dengan mengendalikan fasa arus catu pada antenanya. Pada tugas akhir ini Antena dirancang dan disimulasikan dengan bantuan perangkat lunak bantu dan direalisasikan menggunakan bahan substrat Rogers *Duroid* 5880 dengan nilai ($\epsilon_r = 2,2$ dan $h=1,57$ mm). Antena bekerja pada frekuensi *X-Band* (9,37 – 9,43 GHz) yang menghasilkan VSWR 1.101, 1.104, 1.106, 1.109, polarisasi linier, $Gain = 18,636$ dBi dan pola radiasi unidireksional. Antena memiliki dimensi $256,6 \times 37,88 \times 1,535$ mm serta mampu menggeser fasa secara elektrik sebesar 20^0 dan 30^0 saat variasi sudut fasa 70^0 dan 90^0 menggunakan variasi kabel catu. Dengan spesifikasi tersebut antenna phased array mampu bekerja dengan baik untuk *Air Defense Radar*

Kata Kunci: Antena Phased array, *Phase shifter*, X-band

Abstract

Air Defense Radar, these one is an air defense radar capable of detecting targets in the air include the position and velocity. Air Defense Radar's system needed a transmission medium that is antenna. For conventional radar system, radar antenna is rotated using rotator which allow the antenna scanning the area around them. The phased array antenna application allows electric scanning in the radar antenna, which is not change the position of antenna but the radiation pattern can be directed with controlling the supply current phase in the antenna. In this final task, Antenna designed and simulated with software and realized using a substrate material Duroid Rogers 5880 with a value ($\epsilon_r = 2,2$ dan $h=1,57$ mm). Antenna works at a X-Band (9,37 – 9,43 GHz) frequency that produces VSWR are 1.101, 1.104, 1.106, 1.109, linear polarization, Gain 18.636 dBi and unidirectional radiation pattern. Antenna has $256.6 \times 37.88 \times 1.535$ mm dimension and electrically able to shift the phase until 20^0 and 30^0 with phase difference of 70^0 dan 90^0 using a variation of supply cable. With these specification, the phased array antenna is work well for the performance of air defense radar.

Keyword : Phase Array Antenna, Phase shifter X-band

1. Pendahuluan

Radar (*Radio Detection and Ranging*) adalah suatu sistem deteksi gelombang radio yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan memetakan map benda-benda seperti pesawat terbang, militer, informasi cuaca. Salah satu jenis radar yaitu *Air Defense Radar*, radar ini merupakan radar pertahanan udara yang mampu mendeteksi target di udara meliputi posisi dan kecepatan. Untuk sistem radar konvensional, antenna radar diputar menggunakan rotator sehingga memungkinkan antenna melakukan scanning area sekitar antenna. Dengan aplikasi antenna *phased array*

maka memungkinkan dilakukan scanning secara elektrik pada antenna radar, dimana dengan posisi antenna tidak berubah tetapi polarisasi bisa diarahkan dengan mengendalikan fasa arus pada antenanya. *Phased Array Antena* merupakan antenna yang tersusun dari beberapa buah elemen antenna dengan fasa antar elemen adalah variabel sehingga pola radiasi antenna bisa berubah dengan perubahan fasa. Pada tugas akhir ini, Antena dirancang dan disimulasikan dengan bantuan perangkat lunak bantu dan direalisasikan menggunakan bahan substrat Rogers *Duroid* 5880 dengan nilai ($\epsilon_r = 2,2$ dan $h=1,57$ mm). Antena bekerja pada frekuensi *X-Band* (9,37 – 9,43 GHz) yang menghasilkan VSWR 1.101, 1.104, 1.106, 1.109. polarisasi linier, $Gain=18,636$ dBi dan pola radiasi unidireksional. Antena memiliki dimensi $256,6 \times 37,88 \times 1,535$ mm serta mampu menggeser fasa secara elektrik sebesar 20^0 dan 30^0 saat variasi sudut fasa 70^0 dan 90^0 menggunakan variasi kabel catu. Dengan spesifikasi tersebut antenna phased array mampu bekerja dengan baik untuk *Air Defense Radar*.

2. Dasar Teori

2.1 Radar^[4]

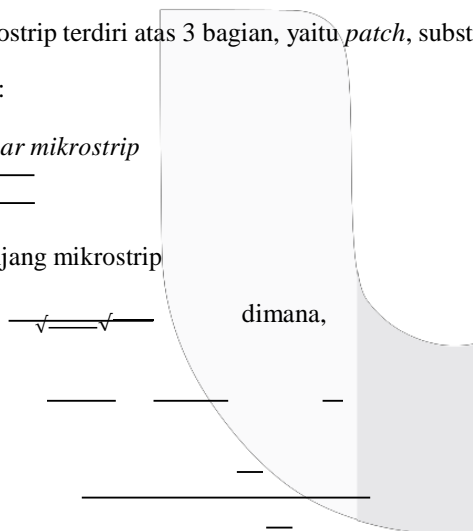
Radar (*Radio Detection and Ranging*) adalah suatu sistem deteksi gelombang radio yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan memetakan map benda-benda seperti pesawat terbang, militer, informasi cuaca. Ada tiga komponen utama yang tersusun di dalam sistem radar, yaitu antenna, *transmitter* (pemancar sinyal) dan *receiver* (penerima sinyal). *Air Defense Radar* merupakan radar pertahanan udara yang mampu mendeteksi target di udara meliputi posisi dan kecepatan. Jangkauan maksimum radar ini melebihi 300 mil dan mencapai 360^0 . Radar ini bekerja pada frekuensi X-band

2.2 Antena mikrostrip^[1]

Antena mikrostrip terdiri atas 3 bagian, yaitu *patch*, substrat, dan *groundplane*

Dimensi nya:

- Lebar mikrostrip
 $\sqrt{\frac{c}{f_r \epsilon_{ref}}}$
- Panjang mikrostrip
 $\sqrt{\frac{c}{f_r \epsilon_{ref}}}$



Keterangan:

- W = Lebar konduktor (m)
- c =Kecepatan cahaya di ruang bebas (3.10^8 m/s)
- f_r =Frekuensi kerja antenna yang diinginkan (Hz)
- ϵ_{ref} =Konstanta dielektrik efektif
- h =Tinggi dielektrik (m)
- L = Panjang *patch*
- μ_0 = konstanta dielektrik ($4 \pi \times 10^{-7}$ F/m)

2.3 Antena Phased Array^{[2][3]}

ϵ_0 — konstanta dielektrik ruang — ampa — x — $(\epsilon_0 n)$

Phased Array Antenna merupakan antenna yang tersusunan dari beberapa buah elemen antenna dengan fasa antar elemen adalah variabel sehingga pola radiasi antenna bisa berubah dengan perubahan fasa. Teknik *phase array* yaitu sebuah metode yang mampu merubah fasa dari sinyal yang berakibat pada perubahan pola radiasi antenna. Pemutaran pola radiasi ini menggunakan manipulasi secara elektrik, sehingga akan lebih sederhana dan lebih efisien dibandingkan pemutaran secara mekanik. Karena tidak membutuhkan motor sebagai penggeraknya.

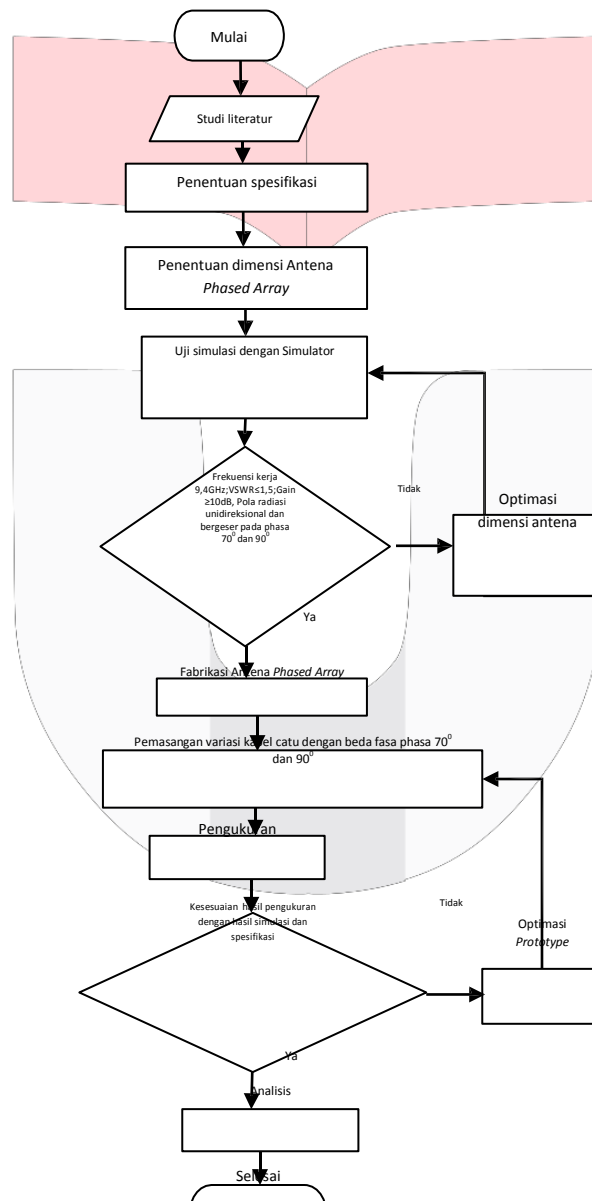
2.4 Phase Shifter^[3]

Phase shifter berfungsi untuk menggeser atau menambah fasa dari sinyal yang ditransmisikan pada sistem. Jika diaplikasikan ke dalam antenna, phase shifter digunakan untuk menggeser atau menambah fasa dari sinyal yang diumpangkan ke antenna. Salah satu metoda yang sederhana untuk menggeser fasa sinyal adalah dengan memvariasikan panjang kabel pencatu pada elemen antenna array.

3. Metodologi

Metoda penelitian dilakukan dengan melakukan konsultasi di LIPI, Studi Literatur dengan mempelajari spesifikasi kebutuhan *phased array antenna* untuk *Air Defense Radar* serta karakteristik *phased array antenna* yang akan dirancang, simulasi, realisasi dan analisis serta pembuatan buku laporan.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

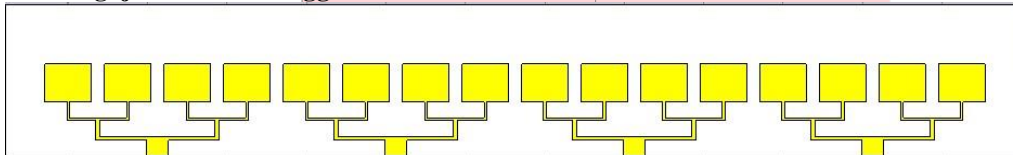
4. Pembahasan

4.1 Desain Antena

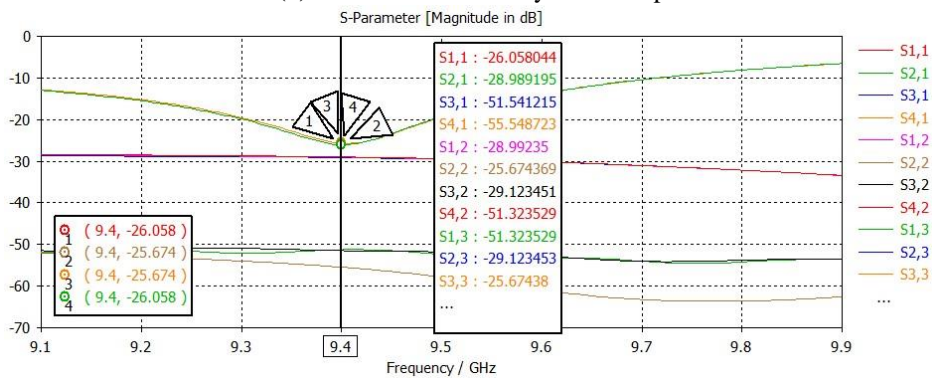
Spesifikasi dari *Phased Array Antenna* yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

- Desain antena : Phased Array
- Jenis antena : *phased array*
- Frekuensi kerja : *X-Band (9,37 – 9,43 GHz)*
- Frekuensi tengah : 9,4 GHz
- VSWR : $\leq 1,5$
- Pola Radiasi : Unidireksional
- Polarisasi : Linear
- Gain : ≥ 10 dBi
- Impedansi : 50Ω unbalance
- Bandwidth : ≥ 50 MHz
- Bahan PCB : Rogers Duroid 5880

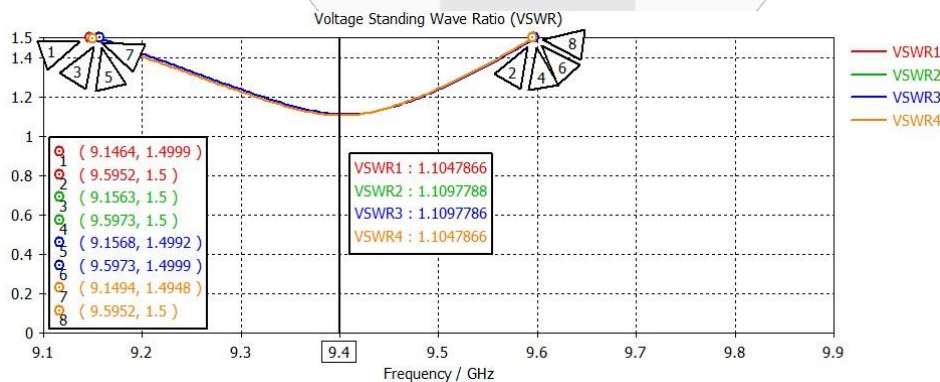
4.2 Pengujian Sistem menggunakan Software



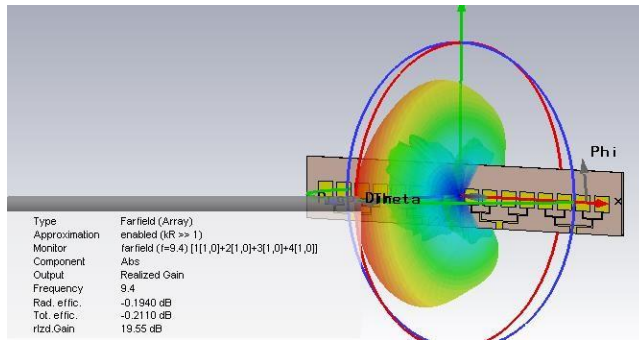
Gambar 4(a). Desain Antena Array Mikrostrip 16 elemen



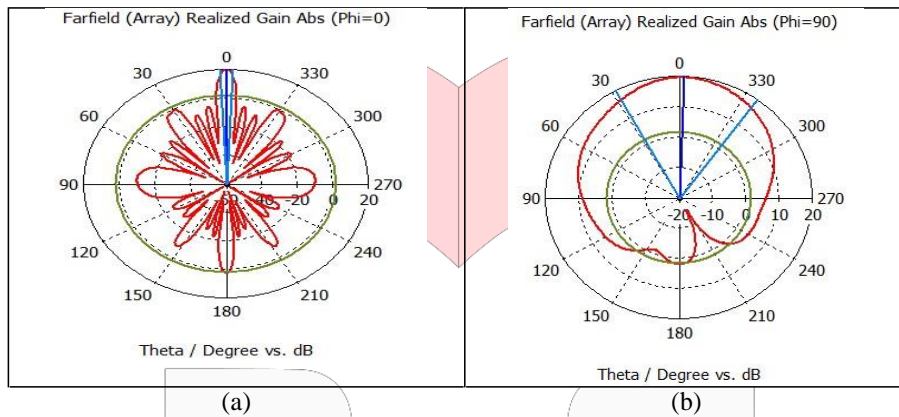
Gambar 4(b). Grafik Return Loss



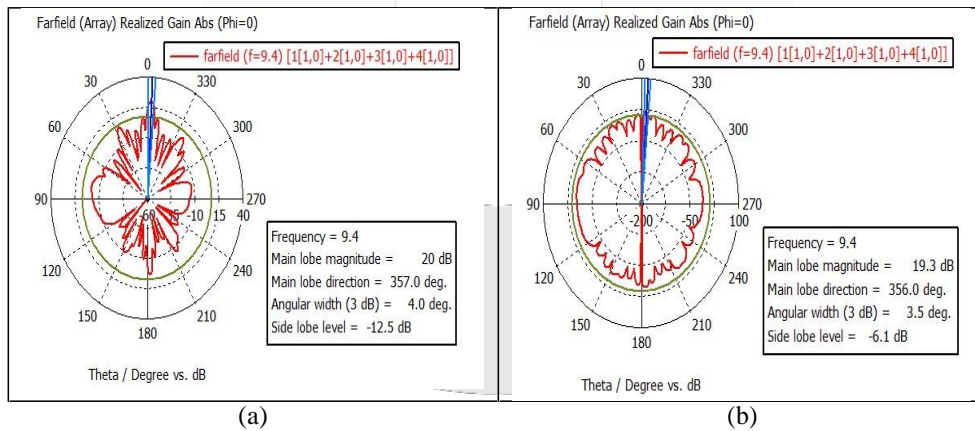
Gambar 4(c). Grafik VSWR dan Bandwidth



Gambar 4(d). Gain Antena Hasil Simulasi



Gambar 4(e). Hasil Simulasi Pola Radiasi (a) Azimuth (b) Elevasi



Gambar 4(f). Hasil Simulasi Pola Radiasi azimuth (a) Beda fasa 70° (b) Beda fasa 90°
 Berdasarkan hasil optimasi, antenna Array Mikrostrip 16 Elemen ditunjukkan pada tabel 4(a). yaitu :

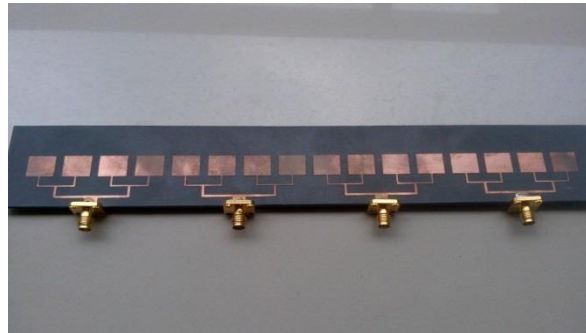
Tabel 4(a). Hasil Simulasi Antena16 Elemen

Antena port ke-	Frek.Tengah	Return Loss	VSWR	Bandwidth (MHz)
1	9,4	-26,058	1,104	448
2	9,4	-25,674	1,109	441
3	9,4	-25,674	1,109	440,5
4	9,4	-26,058	1,104	445,8

Hasil frekuensi , bandwidth, Return Loss, VSWR, impedansi, gain, pola radiasi sudah sesuai spesifikasi dan pergeseran sudut sebesar 3⁰ dan 4⁰ untuk masing-masing beda fasa 70⁰ dan 90⁰.

4.3 Realisasi Antena

Dimensi antena yang difabrikasi didapat ukuran 256,6 × 37,88 x 1,535 mm.



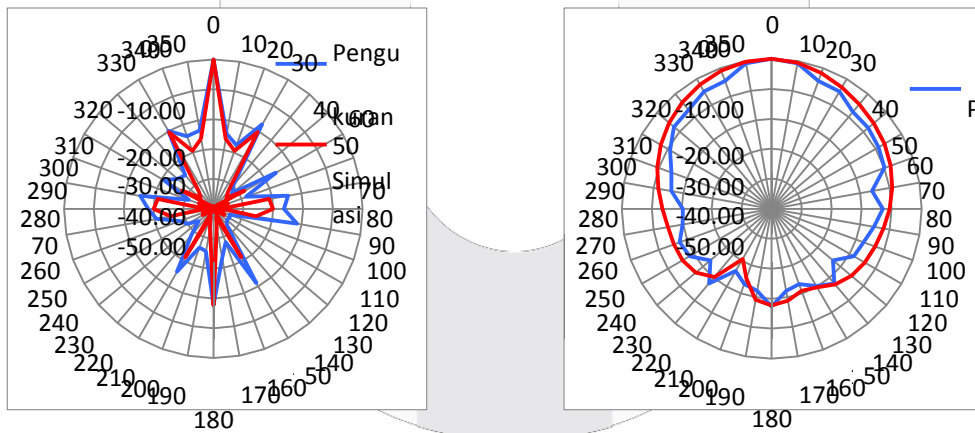
Gambar 4(g). Realisasi Antena Tampak Depan

4.4 Hasil Pengukuran Return Loss, VSWR, Impedansi

Tabel 4(b). Hasil Pengukuran Return Loss, VSWR, Impedansi

Antena port ke	Frek.Tengah (GHz)	Return Loss dB	VSWR	Bandwith (MHz)
1	9,4	-26,354	1,101	357
2	9,4	-26,845	1,104	582
3	9,4	-28,649	1,076	575
4	9,4	-25,702	1,109	732

4.5 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Azimuth dan Elevasi



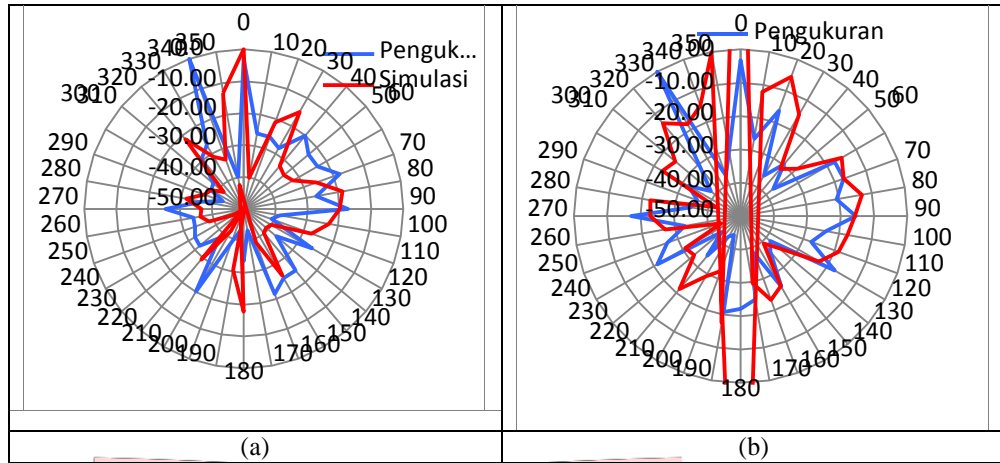
(a)

(b)

Gambar 4(h). Hasil Pengukuran Pola Radiasi (a) Azimuth (b) Elevasi

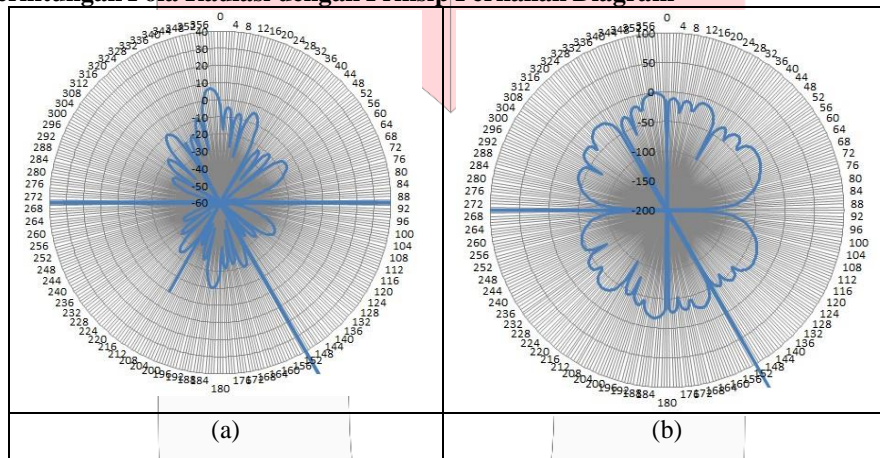
4.6 Hasil Pengukuran Pola Radiasi dengan Phase Shifter

Pada pengukuran pola radisasi elevasi ini, hanya dilakukan pengukuran terhadap frekuensi kerja yaitu 9,4 GHz.



Gambar 4(i). Hasil Pengukuran Pola Radiasi Elevasi (a) Beda fasa 70° (b) Beda fasa 90°

4.7 Hasil Perhitungan Pola Radiasi dengan Prinsip Perkalian Diagram



Gambar 4(j) Perhitungan pola radiasi beda fasa 70° (a), Perhitungan pola radiasi beda fasa 90° (b)

Tabel 4(c) Tabel Perbandingan Hasil Simulasi, Realisasi dan Perhitungan Menggunakan Phase Shifter

Beda fasa	Beam steering			Gain		
	Simulasi	Realisasi	Perhitungan	Simulasi	Realisasi	Perhitungan
70°	3°	20°	5°	20,02 dB	18,535 dB	18,893 dB
90°	4°	30°	7°	19,37 dB	17,252 dB	18,952 dB

4.8 Hasil Pengukuran Gain

Berdasarkan hasil pengukuran pada frekuensi 9,4 GHz didapatkan gain sebesar 18,636 dBi, ketika diarahkan pada sudut 70° sebesar 18,535 dBi, ketika diarahkan pada sudut 90° sebesar 17,252 dBi.

4.9 Analisis Hasil Pengukuran

Pada Hasil simulasi dan pengukuran Return Loss, Impedansi, Bandwidth, VSWR terdapat perbedaan. Nilai VSWR yang didapat dari pengukuran pada frekuensi 9,4 GHz memiliki nilai $\leq 1,5$, hal ini menunjukkan bahwa gelombang yang dipantulkan kembali ke arah generator bernilai kecil. Hal ini bisa berhubungan dengan nilai

impedansi masukan dari kedua antenna yang juga *relative matching* dengan saluran transmisi, impedansi saluran transmisi pada rentang frekuensi 9,37 - 9,43 GHz menunjukkan nilai impedansi mendekati kurang lebih 50 Ω . Pada pengukuran pola radiasi dan gain terlihat perbedaan antara hasil pengukuran dan simulasi. Beberapa faktor yang menyebabkan adanya penyimpangan hasil pengukuran dibandingkan hasil simulasi, antara lain,

1. Perangkat untuk pengukuran yang masih manual seperti pengarah sudut, sehingga pada saat pengarah terdapat kemungkinan kesalahan sudut karena pengarahannya yang masih kurang tepat.
2. Kesalahan pembacaan level daya yang mungkin terjadi akibat fluktuasi daya terima yang terukur pada *spectrum analyzer*.
3. Terjadi ketidakstabilan jarak saat pengukuran, sehingga daya yang diterima tidak akurat.
4. Adanya gelombang dari luar sistem yang dapat mengganggu pola pancar dari antenna

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi Antena Phased Array 1x16 Elemen Mikrostrip adalah sebagai berikut.

1. Semua parameter antenna diantaranya *VSWR*, *bandwith*, *gain*, dan pola radiasi memenuhi spesifikasi perancangan awal antenna dan hasilnya tidak jauh berbeda dengan hasil simulasi.
2. Hasil Pergeseran sudut untuk beda fasa 70^0 dan 90^0 adalah sebesar 20^0 dan 30^0 , hasil ini berbeda dengan simulasi diakibatkan karena pengukuran tidak dilakukan di ruang anechoic chamber sehingga terjadi banyak pantulan saat pengukuran.
3. Pemasangan variasi kabel catuan pada antenna yang berfungsi sebagai *phase shifter* dapat menggeser fasa pada pola radiasi antenna, tetapi terdapat perbedaan antara hasil simulasi dan realisasi pengukuran.

Daftar Pustaka

- [1] Balanis, C.A. 1982. Antena Theory : Analysis and Design. Harper & Row Publisher Inc. New York.
- [2] Firdaus, sri yunita *Pengontrolan Polaradiasi Antena Array Dengan Antena Individu Dipole $\frac{1}{2}$ Lambda*.2013
- [3] Mailloux, Robert J. Phased Array Antenna Handbook.2005
- [4]Skolnik, Merrill I, Introduction to Radar System, McGrawhill.1980