

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP PHASED ARRAY 8×4 UNTUK SISTEM AIRPORT SURVEILLANCE RADAR (ASR) S-BAND

Aninditya Esti Pratiwi¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

²Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³PPET, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bandung

anindityaesti@students.telkomuniversity.ac.id, heroe@telkomuniversity.ac.id, yuyu.wahyu@lipi.go.id

Abstrak

Airport Surveillance Radar (ASR) merupakan radar untuk memantau pergerakan pesawat komersial pada saat memasuki/keluar wilayah bandara. Namun saat ini radar pengawas udara milik bandara-bandara masih belum dapat mencakup semua wilayah udara NKRI. Sehingga LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) sedang giat mengembangkan riset ASR.

Salah satu komponen yang krusial dalam sistem ASR adalah antenna. Antena yang digunakan merupakan phased array antenna yang terdiri dari beberapa elemen antenna, dan menggunakan variabel fasa atau pengontrolan time-delay pada masing-masing port untuk memindai beam yang diberi sudut tertentu sehingga memungkinkan kontrol pola radiasi lebih tepat. Phased array antenna diatur dengan memberikan panjang kabel catu yang berbeda untuk masing-masing elemen phased array antenna. Pergeseran fasa yang dihasilkan yaitu pola radiasi elevasi.

Antena direalisasikan menggunakan bahan substrat epoxy FR-4 yang bekerja pada frekuensi S-Band (2,97 GHz - 3,03 GHz) dengan VSWR yaitu 1.065, 1.023, 1.042, 1.054 pada masing-masing port, Gain 17,244 dB dan pola radiasi unidireksional. Serta memiliki dimensi (328,7 × 405 × 7,76 mm) dengan effective bandwidth ≈ 60 MHz dan ketika digeser sebesar 30° dan 60° dalam pola radiasi elevasi menghasilkan pergeseran fasa sebesar 10° dan 20°. Dengan spesifikasi tersebut, antenna phased array mampu bekerja dengan baik untuk performansi Airport Surveillance Radar (ASR).

Kata kunci : Airport Surveillance Radar, Antena Phased Array, Phased Shifter, S-Band

Abstract

Airport Surveillance Radar (ASR) is a radar used to monitor the movements of commercial aircraft when it enters / exits a certain airport area. However, today a surveillance radar. Nowadays Surveillance Radar owned airports are still cannot cover all the airspace of the Republic of Indonesia. So that LIPI is developing Surveillance Radar.

One of the crucial components in the ASR system is an antenna. The Antenna used is a phased array antenna which consists of several elements of antenna, and use variable phase or time-delay control of each port to scan the beam by a certain angle thus it allows more precise control of the radiation pattern. In order to provide the phase variation radiating element, in order to provide the phase radiating element variation, phased array antenna is set to give cable length supply for each antenna port. The result of phase shift is in elevation radiation pattern.

Antenna was realized using epoxy substrate material FR-4 works at the frequency of the S-Band (2.97 to 3.03 GHz) which produces VSWR are 1.065, 1.023, 1.042, 1.054 in each array element, linear polarization, Gain 17,244 dBi and unidirectional radiation pattern. The dimensions of realized antenna is (328,7 × 405 × 7,76mm) that has effective bandwidth ≈ 60 MHz. Phase shift of 30° and 60° produce in the direction 10° and 20°. With these specifications, the phased array antenna is work well for the performance of Airport Surveillance Radar (ASR).

Keywords : Airport Surveillance Radar, Antena Phased Array, S-Band

1. Pendahuluan

Airport Surveillance Radar (ASR) atau radar pengawas udara merupakan radar yang digunakan untuk memantau pergerakan pesawat komersial pada saat memasuki/keluar wilayah bandara tertentu atau hanya melintasi suatu wilayah udara bandara [2]. Namun saat ini radar surveillance yang beroperasi merupakan produk luar negeri dan sebagian dari radar-radar surveillance tersebut dalam keadaan tidak siap karena usianya yang sudah sangat tua dan tidak tersedianya lagi suku cadang [1]. Usaha penggantian radar-radar tersebut dengan radar baru buatan luar negeri terkendala masalah pendanaan karena harganya yang sangat mahal [1]. Kendala ini akan dapat diatasi jika radar-radar tersebut dapat diproduksi sendiri di dalam negeri karena dengan demikian biaya yang diperlukan untuk pengadaan maupun pemeliharaan dapat ditekan secara signifikan [1].

Antena merupakan komponen yang krusial dalam sistem *Airport Surveillance Radar (ASR)* [3]. Ada banyak macam antena yang dapat digunakan untuk radar salah satunya adalah phased array antena terdiri dari beberapa elemen antena, yang menggunakan variabel fasa atau pengontrolan time-delay pada masing-masing elemen untuk memindai beam yang diberi sudut tertentu sehingga memungkinkan kontrol pola radiasi lebih tepat [4]. Agar dapat memberikan variasi fasa untuk elemen peradiasi, phased array antenna diatur dengan memberikan panjang kabel catu yang berbeda untuk masing masing elemen phased array antenna [5]. Keuntungan teknologi antena phased array dibandingkan dengan teknologi antena konvensional pada sistem radar, bahwa antena tidak perlu diputar secara fisik tetapi cukup secara elektronik sehingga lebih efisien dari segi biaya dan daya yang digunakan untuk memutar rotator antenna [3].

Antena direalisasikan menggunakan bahan substrat epoxy FR-4 ($\epsilon_r = 4,6$ dan $h=1,6$ mm). Antena bekerja pada frekuensi S-Band (2,975–3,025 GHz) menghasilkan VSWR 1.065,1.023,1.042,1.054 pada masing-masing port, polarisasi linear, Gain 17,244 dBi, memiliki dimensi $328,7 \times 405 \times 7,76$ mm dengan bandwidth ≈ 50 MHz. Pergeseran fasa 30° dan 60° menghasilkan pola radiasi unidireksional ke arah 10° dan 20° Dengan spesifikasi tersebut, antena phased array mampu bekerja dalam sistem *Airport Surveillance Radar (ASR)*.

2. Dasar Teori

2.1 Radar [5]

Radar (Radio Detection and Ranging) merupakan perangkat untuk mentransmisikan sinyal elektromagnetik dan menerima pantulan dari obyek yang menjadi target dalam cakupan.

Jarak maksimum yang radar terhadap target dapat dirumuskan:

$$R_{max} = \left[\frac{P_t G^2 \tau}{4 S_{min}} \right]^{\frac{1}{4}} \tag{2.2}$$

Keterangan

P_t = daya transmisi

G = Gain antenna

A_e = apperture efektif antena

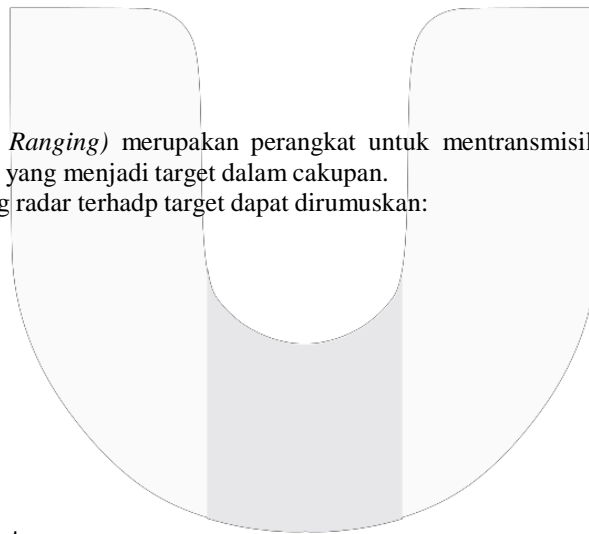
τ = radar cross section

S_{min} = deteksi minimum sinyal

2.2 Airport Surveillance Radar (ASR) [5]

Airport Surveillance Radar (ASR) atau radar pengawas di bandara merupakan radar pengawasan dengan jarak menengah (misalnya, 60 mil laut) yang digunakan untuk pengontrolan pesawat di sekitar bandara. Radar jenis ASR memiliki jangkauan deteksi 70-100 km pada pesawat kecil, periode scan 4 sampai 5 detik, beroperasi di S-band. ASR-9, merupakan jenis ASR yang dirancang di Amerika Serikat oleh Westing-house yang dikembangkan pada tahun 1980. Karakteristik penting dari ASR selain jangkauan deteksi, adalah resolusi, data rate, kemampuan untuk memproses dan memberikan data output pada puluhan target dalam volume scan, serta keandalan yang tinggi

2.3 Phased Array Antenna [4]



Phased array antenna terdiri dari beberapa elemen antenna, yang menggunakan variabel fasa atau pengontrolan time-delay pada masing-masing elemen untuk memindai beam yang diberi sudut tertentu. Pengontrolan variabel amplitudo kadang-kadang juga disediakan untuk pembentukan pola. Karena banyaknya elemen memungkinkan kontrol pola radiasi lebih tepat, sehingga mengakibatkan sidelobes rendah.

2.4 Phased shifter [5]

Phased shifter merupakan suatu perangkat yang memiliki tegangan output atau arus yang dapat di sesuaikan, dalam penggunaan atau dalam desainnya, *phase shifter* memiliki beberapa pengaturan fasa yang diinginkan dengan tegangan input atau arus masukan. Pengoperasian *phase shifter* biasanya didasarkan pada variasi panjang dari saluran transmisi, koneksi elemen reaktif dari saluran transmisi atau penjumlahan vektor dari beberapa sinyal. Pada tugas akhir ini menggunakan *strip line phase shifter*, *phase shifter* ini berdasarkan pada variasi dari panjang kabel catu berupa kabel coaxial. *Strip-line phase shifter* berkerja pada frekuensi 0.18 sampai 7 GHz.

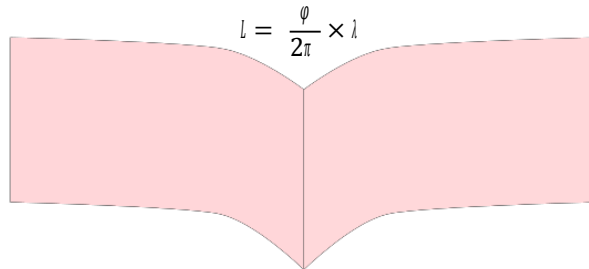
$$l = \frac{\phi}{2\pi} \times \lambda$$

Dimana

ϕ = beda fasa (°)

l = panjang kabel pencatu (m)

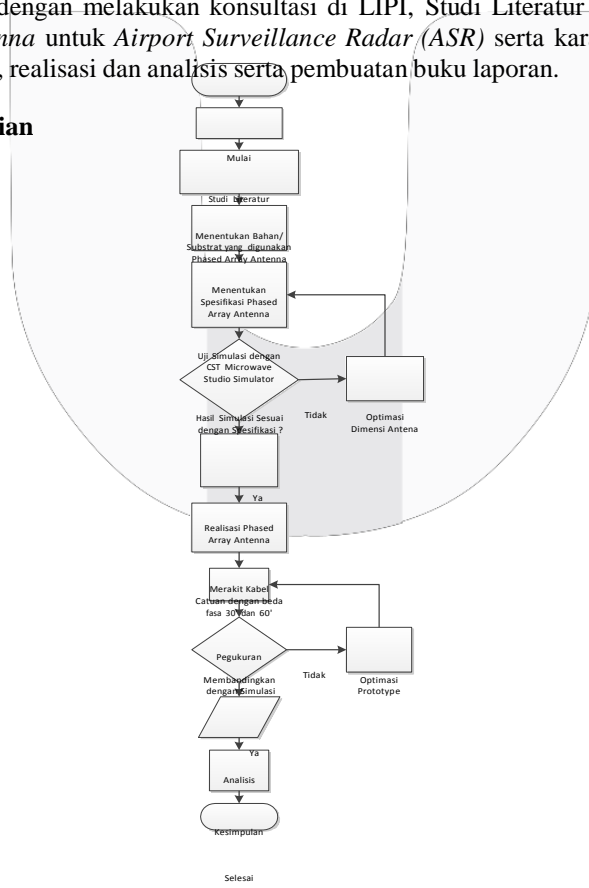
λ = panjang gelombang (m)



3. Metodologi

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

4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

5. Pembahasan

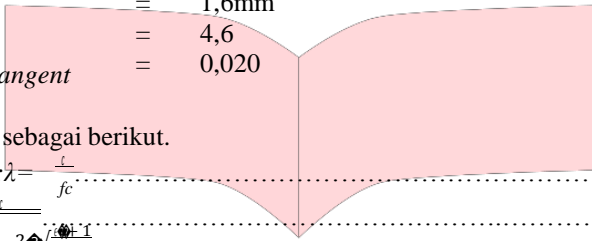
5.1 Desain Antena

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

- Desain antena : 8x4 elemen mikrostrip
- Jenis antena : *phased array*
- Frekuensi kerja : *S-Band (2,97 -3,03 GHz)*
- Frekuensi tengah : 3 GHz
- VSWR : ≤ 2
- Pola Radiasi : Unidireksional
- Polarisasi : Linear
- Gain : ≥ 10 dBi
- Impedansi : 50Ω unbalance
- Bandwidth : ≥ 60 MHz
- Bahan PCB : substrat Fr4 (epoxy)

Spesifikasi Substrat FR4 [10] =

- h = 1,6mm
- ϵ_r = 4,6
- *loss tangent* = 0,020



Untuk mencari dimensi antena sebagai berikut.

a. Panjang λ (λ); $\lambda = \frac{c}{f_c}$ (1)

b. $l = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_r} f_c}$; $W = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_r} f_c}$ (2)

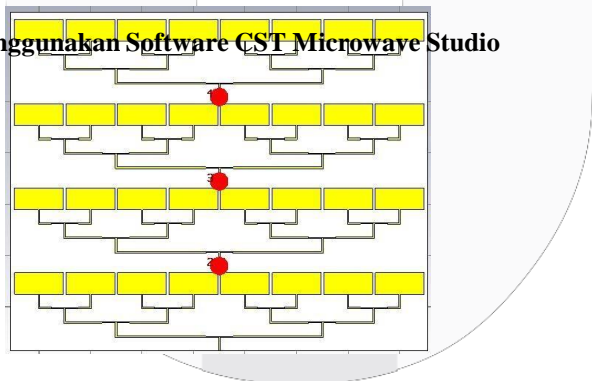
c. Panjang Patch (L); $l = \frac{c}{2f_c} - 2\Delta$ (3)

d. Lebar Saluran Transmisi (W); $W_1 = \frac{2}{h\pi} \left[(\beta_1 - 1 - \ln(2\beta_1 - 1)) + \frac{\pi-1}{2\beta_1} \{ \ln(\beta_1 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\beta_1} \} \right]$ (4)

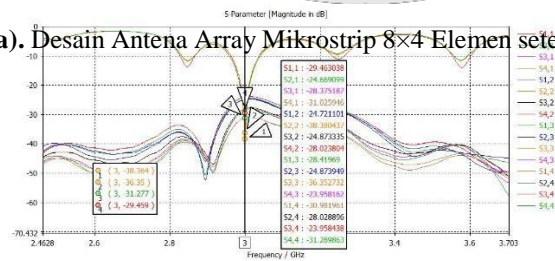
e. Panjang Saluran Transmisi (l); $l = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{\epsilon_r}$ (5)

f. impedansi saluran transformator $\lambda/4$ (Z_1); $Z_1 = \sqrt{Z_0 Z_L}$ (6)

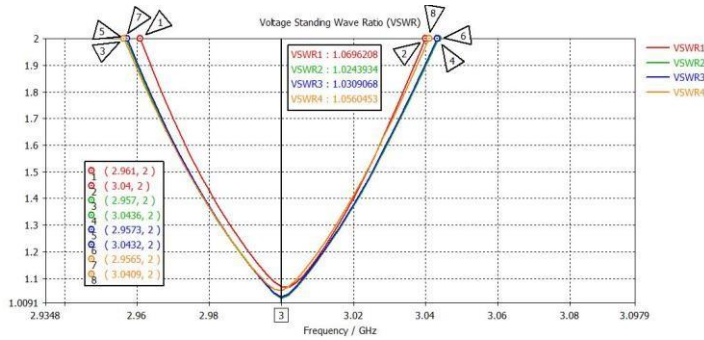
5.2 Pengujian Sistem menggunakan Software CST Microwave Studio



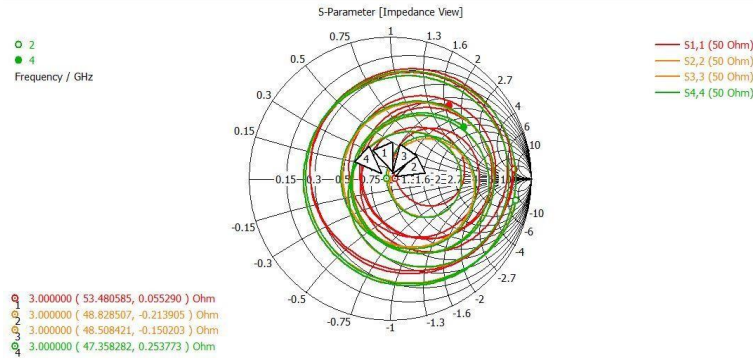
Gambar 5(a). Desain Antena Array Mikrostrip 8x4 Elemen setelah Optimasi



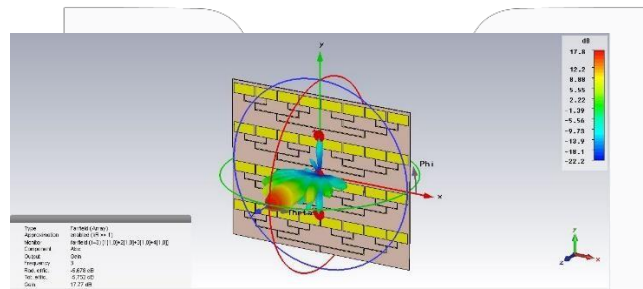
Gambar 5(b). Grafik Return Loss Antena Array Mikrostrip 8x4 Elemen



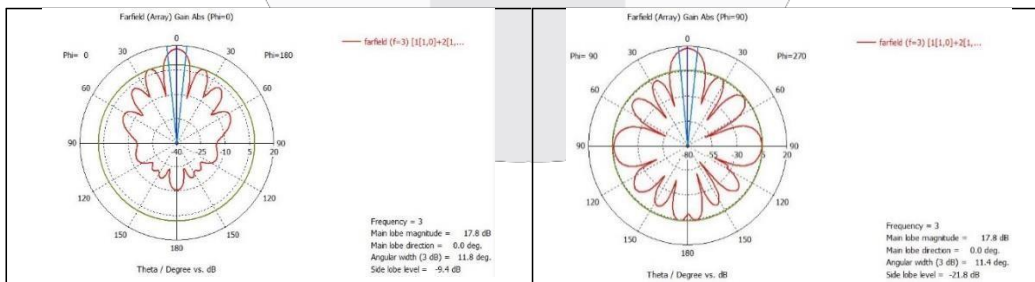
Gambar 5(c). Grafik VSWR dan Bandwidth Antena Array Mikrostrip 8x4 Elemen



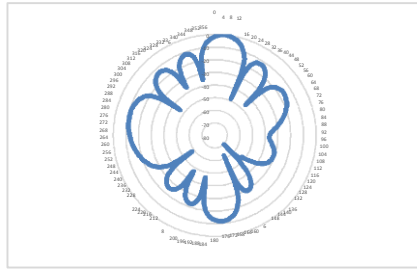
Gambar 5(d). Nilai Impedansi Antena Array Mikrostrip 8x4 Elemen



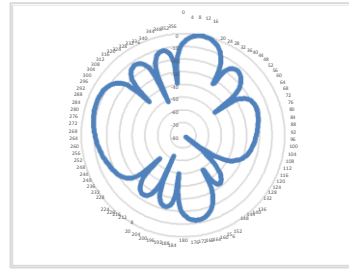
Gambar 5(e). Gain Antena Hasil Simulasi



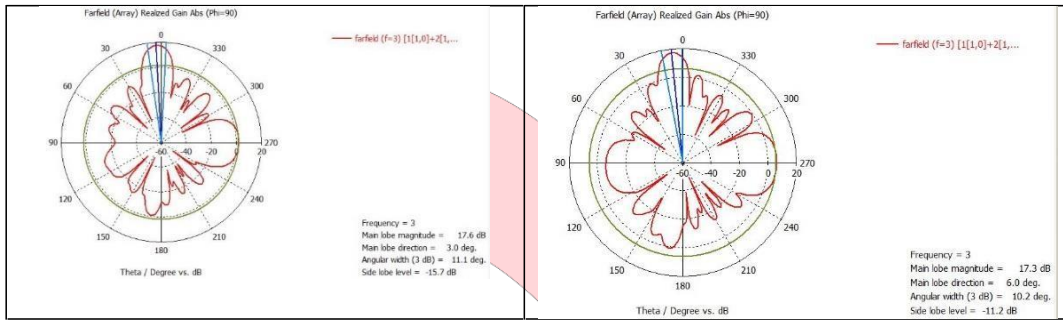
Gambar 5(f). Hasil Simulasi Pola Radiasi (a) Azimuth (b) Elevasi



Gambar 5(g). Perhitungan Pola Radiasi Elevasi Pergeseran Fasa 30°



Gambar 5(h). Perhitungan Pola Radiasi Elevasi Pergeseran Fasa 60°



(a)

(b)

Gambar 5(i). Hasil Simulasi Pola Radiasi Elevasi (a) fasa 30° (b) fasa 60°

Berdasarkan hasil optimasi, antenna Array Mikrostrip 8×4 Elemen ditunjukkan pada tabel 5(a). yaitu :

Tabel 5(a). Hasil Simulasi Antena 8×4 Elemen

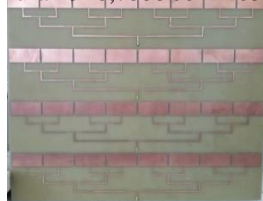
Antena	Frek.Tengah	Return Loss	VSWR	Impedansi
1	3	-29,459	1,0696208	53,480585+0,055j
2	3	-38,364	1,0243934	48,828-0,213j
3	3	-36,35	1,0309068	48,508-0,15j
4	3	-31,277	1,0560453	47,3582+0,254j

Antena	Rentang Frekuensi	Bandwidth (MHz)
1	2,961-3,04	79
2	2,957-3,0436	86,6
3	2,9573-3,0432	85,9
4	2,9565-3,0409	84,4

Hasil frekuensi , bandwidth, Return Loss, VSWR, impedansi, gain, pola radiasi sudah sesuai spesifikasi yang dibutuhkan namun untuk nilai pola radiasi hasil pergeseran fasa belum sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dan akan dibuktikan pada hasil pengukuran maka penulis melanjutkan untuk merealisasikan antenna phased array mikrostrip 8×4 elemen.

5.3 Realisasi Antena

Dimensi antena yang difabrikasi didapat ukuran 328,735560 × 405 × 7,759359 mm.



Gambar 5(j). Realisasi Antena Tampak Depan

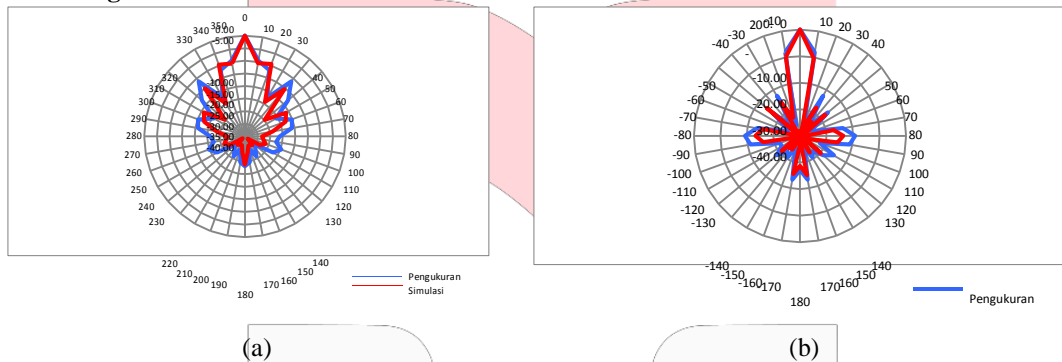
5.4 Hasil Pengukuran Return Loss, VSWR, Impedansi

Tabel 5(b). Hasil Pengukuran Return Loss, VSWR, Impedansi

Antena	Frek.Tengah	Return Loss	VSWR	Impedansi
1	3	-29.963	1.065	49,986-j 3,176 Ω
2	3	-38.738	1.023	51,070-j 0,649 Ω
3	3	-33.645	1.042	51,825+j 1,070 Ω
4	3	-31.564	1.054	51,500 -j 2,217 Ω

Antena	Rentang Frekuensi	Bandwidth (MHz)
1	2.7825-3,42625	643.75
2	2.8-3,3	500
3	2.795-3,3825	587.5
4	2.96-3,05375	93.75

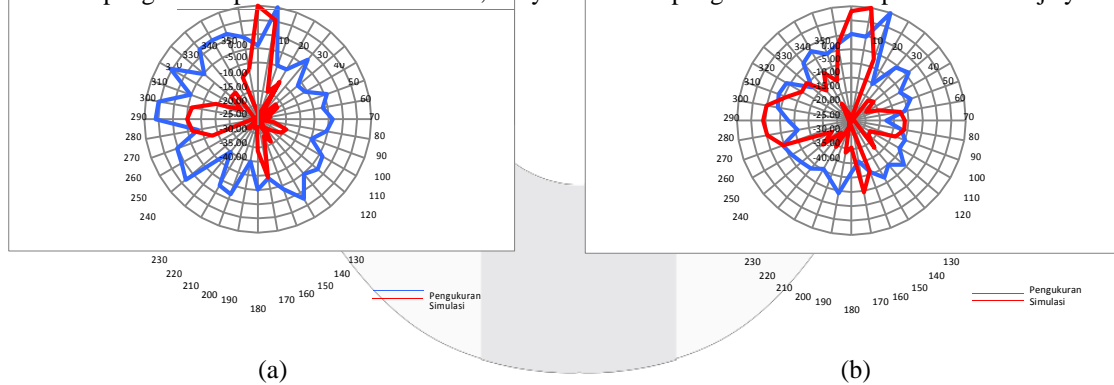
5.5 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Azimuth dan Elevasi



Gambar 5(k). Hasil Pengukuran Pola Radiasi (a) Azimuth (b) Elevasi

5.6 Hasil Pengukuran Pola Radiasi dengan Phase Shifter

Pada pengukuran pola radisasi elevasi ini, hanya dilakukan pengukuran terhadap frekuensi kerja yaitu 3 GHz.



Gambar 5(l). Hasil Pengukuran Pola Radiasi Elevasi (a) fasa 30° (b) fasa 60°

Tabel 5(c). Perbandingan Pergeseran Fasa Perhitungan, Simulasi, dan Realisasi

Pola Radiasi	Pergeseran Fasa	Perhitungan		Simulasi		Realisasi	
		Pergeseran Fasa	Gain (dB)	Pergeseran Fasa	Gain(dB)	Pergeseran Fasa	Gain(dB)
1	30°	6°	18,969	3°	17,60	10°	17.941
2	60°	11°	18,8302	6°	17,26	20°	17.233

5.7 Hasil Pengukuran Gain

Berdasarkan hasil pengukuran pada frekuensi 3 GHz didapatkan gain : pada pola radiasi ketika belum diubah fasa sebesar 17,244 dBi, ketika diarahkan pada sudut 30° sebesar 17.941dBi, ketika diarahkan pada sudut 60° sebesar 17.233 dBi.

5.8 Analisis Hasil Pengukuran

Pada Hasil simulasi dan pengukuran Return Loss, Impedansi, Bandwidth, VSWR terdapat perbedaan. Nilai VSWR yang didapat dari pengukuran pada frekuensi 3 GHz memiliki nilai ≤ 2 , hal ini menunjukkan bahwa gelombang yang dipantulkan kembali ke arah generator bernilai kecil. Hal ini berhubungan dengan nilai impedansi masukan dari kedua antenna yang juga *relative matching* dengan saluran transmisi, impedansi saluran transmisi pada rentang frekuensi 2,970 - 3,03 GHz menunjukkan nilai impedansi mendekati kurang lebih 50 Ω . Hal ini disebabkan *port* antenna tidak lagi bersifat resistif murni karena penggunaan timah *solder* akan menambah sifat kapasitif atau induktif, Selain itu faktor utama yang menyebabkan perbedaan hasil pengukuran dengan hasil simulasi adalah nilai ϕ yang tidak diketahui secara pasti. Pada pengukuran pola radiasi dan gain terlihat perbedaan antara hasil pengukuran dan simulasi. Terdapat 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. Adanya gelombang dari luar sistem yang dapat mengganggu pola pancar dari antenna.

Pergeseran sudut untuk beda fasa 30° dan 60° hasil perhitungan, simulasi, dan realisasi terdapat perbedaan. Untuk hasil perhitungan merupakan hasil yang ideal karena tidak dipengaruhi oleh faktor lain sementara saat simulasi dipengaruhi oleh faktor yang terdapat pada simulator misalnya pengaruh kopling dan lain-lain. Namun pada Tugas Akhir ini pegkoplingan tidak di perhitungkan. Untuk hasil realisasi pada saat pengukuran tidak ideal karna pengukuran tidak dilakukan di ruangan bebas pantulan (*anechoic chamber*).

6. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi Antena Phased Array 8x4 Elemen Mikrostrip adalah sebagai berikut.

1. Pemasangan variable kabel catu pada antenna yang berfungsi sebagai phase shifter dapat menggeser fasa pada pola radiasi dengan sudut yang telah diatur sebelumnya dan terdapat perbedaan antara hasil perhitungan, hasil simulasi dan hasil pengukuran namun perbedaan tidak terlalu signifikan, dikarenakan hasil perhitungan merupakan kondisi ideal sedangkan pada saat realisasi terdapat banyak pantulan-pantulan sinyal. Semakin besar sudut pergeseran fasa maka sudut yang dihasilkan juga semakin besar.
2. Hasil Pergeseran sudut untuk beda fasa 30° dan 60° adalah sebesar 10° dan 20°, 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, dan terdapat perbedaan antara hasil perhitungan, simulasi dan realisasi pengukuran namun perbedaan tidak terlalu signifikan, dikarenakan hasil perhitungan merupakan kondisi ideal sedangkan pada saat realisasi terdapat banyak pantulan-pantulan sinyal. Semakin besar sudut pergeseran fasa maka sudut yang dihasilkan juga semakin besar.
4. Semua parameter antenna diantaranya VSWR, bandwidth, gain, dan pola radiasi memenuhi spesifikasi perancangan awal antenna dan hasilnya tidak jauh berbeda dengan hasil simulasi. Sehingga antenna tersebut layak digunakan dalam sistem Air Surveillance Radar.

Daftar Pustaka

- [1] Lestari, Andaya, dkk. Nop 2012. *Indera Ms-1: Radar S-Band Pertama Karya Anak Bangsa*. Jakarta.
- [2] Wahab, Mashury, dkk. Nop 2012. *Desain dan Implementasi Antena Generasi I untuk Litbang Konsorsium Radar*. Bandung.
- [3] Wahyu, Yuyu. 2014. *Perancangan dan Realisasi Antena Phase Array dengan Pengaturan Beamforming Digunakan untuk Radar*. Bandung.
- [4] Balanis, C.A. 1982. *Antena Theory : Analysis and Design*. Harper & Row Publisher Inc. New York.
- [5] Firdaus. 2013. *Pembuatan Antena Mikrostrip Phased Array dengan Pengaturan Fasa Menggunakan Variasi Panjang Saluran Catu*. Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang.