

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA ARRAY VIVALDI 1 X 8 PADA FREKUENSI 2,9 GHz – 3,1 GHz UNTUK APLIKASI RADAR TIGA DIMENSI

DESIGN AND REALIZATION ANTENNA ARRAY VIVALDI 1 X 8 IN FREQUENCY 2,9 GHz – 3,1 GHz FOR RADAR THREE DIMENSION

Indri Handayani^[1], Dr. Bambang Setia Nugroho, S.T., M.T.^[2], Dr. Yuyu Wahyu, Ir., M.T.^[3]

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

³PPET-LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

indrihandayani@student.telkomuniversity.ac.id, bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id,

yuyu@ppte.lipi.go.id

Abstrak

Radar (*Radio Detection and Ranging*) merupakan salah satu sistem penginderaan jarak jauh yang tidak dipengaruhi oleh cuaca dan waktu. Radar tiga dimensi pada saat ini mulai dikembangkan untuk mendeteksi benda pada jarak, ketinggian, sudut elevasi dan sudut azimuth. Dengan perputaran radar yang polar dapat mendeteksi lebih efektif.

Pada sistem radar tiga dimensi ini, bekerja pada frekuensi 2,9 GHz – 3,1 GHz yaitu dengan frekuensi S-band, antena menjadi salah satu komponen yang membantu dalam pemancar dalam pengiriman informasi yang disalurkan oleh media udara.

Pada tugas akhir ini, telah dirancang dan disimulasikan antena vivaldi dengan menggunakan software CST Microwave Suite 2014 dan direalisasikan menggunakan bahan FR4 ($\epsilon_r = 4,6$ dan $h=1,6$ mm). Antena ini bekerja pada frekuensi S-band (2,9 GHz- 3,1 GHz). Antena ini disusun sebanyak 1x 8 dengan menghasilkan $VSWR \leq 2$, $Gain \geq 8$ dBi dengan polarisasi *directional* dan polarisasi *linear*.

Kata kunci : Radar, S-band, ETSA, Vivaldi

Abstract

Radar (Radio Detection and Ranging) is a remote sensing system that is not affected by weather and time. Three-dimensional radar at this time began to be developed to detect objects at a distance, elevation and azimuth angles. With a turnover of polar radar that can detect more effective.

In the three-dimension radar system, working at a frequency of 2.9 GHz - 3.1 GHz that is the S-band frequency, antenna into one component that helps in the transmitter in the delivery of information transmitted by air media.

In this thesis, it has been designed and simulated vivaldi antennas using software CST Microwave Suite 2014 and realized using FR4 material ($\epsilon_r = 4.6$ and $h = 1.6$ mm). This antenna works at the frequency of the S-band (2.9 GHz 3.1 GHz). These antennas are arranged as much 1x 8 to produce a $VSWR \leq 2$, $Gain \geq 8$ dBi with polaradiation directional and linear polarization.

Keywords: Radar, S-band, ETSA, Vivaldi

1. — Pendahuluan

Perkembangan Radar (*Radio Detection and Ranging*) saat ini telah berkembang dengan pesat. Radar, diintegrasikan ke dalam suatu sistem yang digunakan pada pesawat udara sebagai pemandu lalu lintas. Salah satu contoh penggunaan radar yang menggunakan radar tiga dimensi yaitu pada pesawat TNI AU Indonesia.

Radar (Radio Detection and Ranging) adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak, dan membuat map benda-benda seperti pesawat terbang, berbagai kendaraan bermotor dan informasi cuaca^[5]. Gelombang radio dipancarkan dan ditangkap oleh radar, kemudian di analisa berbagai data untuk mengetahui lokasi ataupun bentuk benda tersebut. Pada umumnya radar akan bekerja dengan menyebarkan tenaga elektromagnetik terbatas di dalam antena agar memudahkan pada saat menangkap sinyal. Radar yang biasanya digunakan yaitu radar 2 dimensi pada arah ketinggian dan jarak.

Antena merupakan bagian dari radar, yang berfungsi untuk mengubah gelombang listrik yang terbimbing menjadi gelombang listrik di ruang bebas. Antena yang dapat mendukung teknologi radar yaitu Antena Vivaldi.

Antena ini memiliki slot yang meruncing yang secara umum memiliki bandwidth yang lebar, direktivitas yang tinggi, dan mampu memancarkan pola radiasi yang simetris dibidang E dan H. Keunggulan antena ini adalah dapat memiliki gain yang tinggi serta polarisasi yang linear^[7].

Pada tugas akhir ini, penulis akan merancang sebuah antena array menggunakan antena mikrostrip dengan teknik antena vivaldi yaitu salah satu jenis antena *exponential tapered antenna* untuk melebarkan bandwidth, maka penulis berinisiatif mengambil judul “Perancangan dan Realisasi Antena Array Vivaldi 1x8 pada frekuensi 2,9-3,1 GHz untuk Aplikasi Radar Tiga Dimensi”.

2. Dasar Teori dan Metodologi Perancangan

2.1 Dasar teori

a. Radar Tiga Dimensi

Radar (Radio Detection And Ranging) menurut Skrinik M.I adalah suatu sistem penjejukan dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Pemancar radar mengirimkan energi elektromagnetik ke luar dalam bentuk pulsa-pulsa periodik dengan daya yang sangat tinggi tetapi dalam selang waktu yang pendek^[5]. Benda-benda sasaran seperti pesawat terbang, kapal, gunung, dan lain-lain akan memantulkan sebagian gelombang elektromagnetik kembali ke pengirim. Selang antara pengiriman dan penerimaan kembali menggunakan sistem antena yang mengarah.

Pada tugas akhir ini akan merealisasikan sebuah antena array dengan teknik antena vivaldi yang akan dirancang di frekuensi 2,9-3,1 GHz untuk aplikasi radar tiga dimensi. Radar tiga dimensi yaitu suatu radar yang sistem mendeteksi berada pada bidang azimuth, jarak, dan ketinggian. Adapun gambar untuk radar tiga dimensi adalah sebagai berikut.

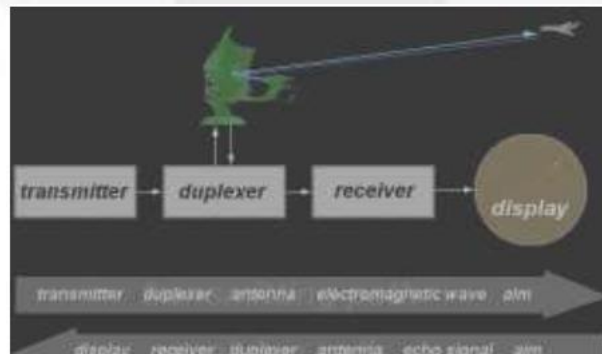


Gambar 1 Radar Tiga Dimensi^[5]

Adapun blok diagram radar tiga dimensi secara umum adalah sebagai berikut:

Jangkauan : > 100 km

Frekuensi : S- Band

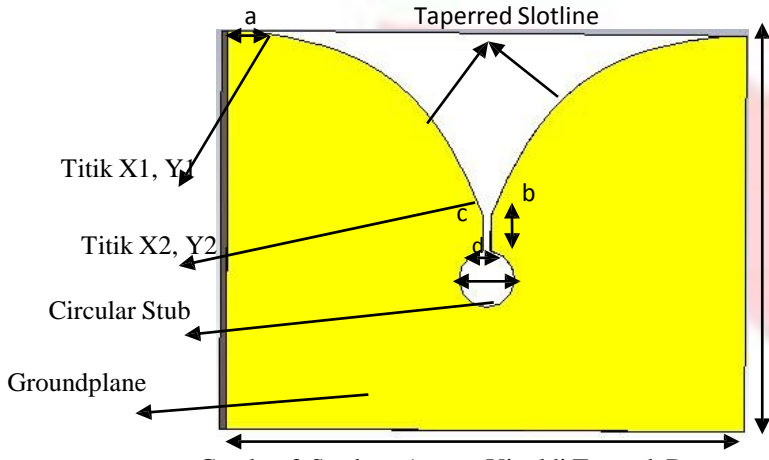


Gambar 2 Blok Sistem Komunikasi Radar Tiga Dimensi^[5]

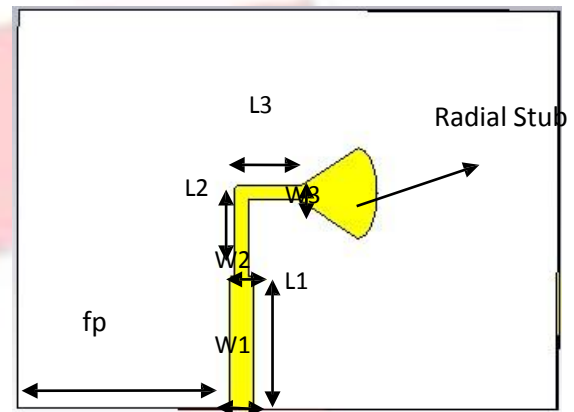
b. Antena Vivaldi

Antena Vivaldi adalah salah satu antena yang banyak digunakan untuk aplikasi Radar. Antena Vivaldi ini diciptakan oleh Gibson pada tahun 1979^[1]. Antena Vivaldi merupakan antena khusus dari *Tapered Slot Antena* (TSA) dengan bentuk *exponensial* atau biasa dikenal dengan istilah *Exponential Tapered Slot Antena* (ETSA). Beamwidth antena ini dapat menutupi frekuensi *microwave* pada rentang frekuensi 2GHz dan 20GHz^[3].

Secara teori, antena vivaldi memiliki slot yang meruncing yang secara umum memiliki bandwidth yang lebar, direktivitas yang tinggi, dan mampu memancarkan pola radiasi yang simetris dibidang E dan H. Keunggulan antena ini adalah dapat memiliki gain yang tinggi serta polarisasi yang linear. Adapun struktur dari antena vivaldi adalah sebagai berikut:



Gambar 3 Struktur Antena Vivaldi Tampak Depan



Gambar 4 Struktur Antena Vivaldi Tampak Belakang

Adapun perumusan dalam antena vivaldi adalah sebagai berikut:

- Persamaan Exponential Antena Vivaldi^[3]

$$y = C_1 e^{C_2 x} + C_2 \tag{2.1}$$

Dimana:

$$C_1 = \frac{y_1 - C_2 y_2}{e^{C_2 x_1} - e^{C_2 x_2}}$$

$$C_2 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Nilai C1 dan C2 konstan, dan R adalah nilai pembukaan pada *exponential tapered slot antenna* sedangkan x dan y merupakan titik koordinat *exponential*.

- Persamaan Dimensi

$$W = l < \frac{c}{200 \cdot f_0} \tag{2.2}$$

b.1 Antena Array Vivaldi

Satu elemen antena memiliki *gain* yang rendah di sepanjang *bandwidth* serta menghasilkan pola radiasi yang melebar^[7]. Oleh karena itu, dengan dirancang secara array ini diharapkan dapat meningkatkan gain dan menghasilkan pola radiasi yang terarah dari antena yang berdimensi kecil.

Pada antena array tergantung pada jumlah elemen yang digunakan, jarak antar elemen, serta pengaturan geometris. Adapun perumusan pada array faktor adalah sebagai berikut:

$$F(\theta, \phi) = \sum_{k=0}^{N-1} A_k e^{j k \alpha} \tag{2.3}$$

$$F(\theta, \phi) = A_0 e^{j 0 \alpha} + A_1 e^{j 1 \alpha} + A_2 e^{j 2 \alpha} + A_3 e^{j 3 \alpha} + \dots \tag{2.4}$$

Dimana:

F(k) = satu elemen pola faktor

A(k) = array faktor

Pada antena array antara satu antena dengan antena yang lain tidak terisolasi satu sama lain sehingga

adanya interaksi ini dapat mengubah nilai impedansi input dan pola radiasi, oleh karena itu dibutuhkan kopling. Mutual kopling merupakan salah satu teknik dalam merencanakan kopling, dengan memberi jarak antar elemen senilai tebal substrat yaitu 1,6 mm. Adapun susunan yang digunakan pada Tugas Akhir ini yaitu linear array dengan dimensi 1x8.

Gambar 5 Konfigurasi Linear Array^[7]

c. Saluran Mikrostrip

Pemilihan saluran pencatu pada saluran mikrostrip sangat berperan penting dalam hal fabrikasi dan penentuan *matching*. Pada proses *pe-matching*-an antena dilakukan dengan mengubah panjang elemen dari pencatu atau dengan memberikan stub dan mengubah-ubah posisinya.

Gambar 2.3. Struktur umum mikrostrip

Bila diketahui impedansi karakteristik Z_0 dan konstanta dielektrik ϵ_r , dan tebal bahan dielektrik d , maka lebar strip (W) dapat dicari dengan persamaan^[5]:

$$\frac{W}{h} = \begin{cases} \frac{8 \epsilon_r d}{\sqrt{\epsilon_r - 2}}; & \frac{W}{h} < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[\epsilon_r - 1 - \ln(2 \frac{W}{h} - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \epsilon_r} (\ln(\frac{W}{h} - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r}) \right]; & \frac{W}{h} > 2 \end{cases} \quad (2.5)$$

dengan

$$A = \frac{11}{60} \sqrt{\frac{10}{\epsilon_r + 1}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r} (0.23 + \dots) \quad (2.6)$$

$$B = \frac{377 \pi}{270 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.7)$$

Adapun rumus untuk menentukan panjang saluran mikrostrip adalah sebagai berikut

$$L = \frac{1}{4} \lambda \quad (2.8)$$

$$\frac{W}{h} = \dots \quad (2.9)$$

Untuk menghitung konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} + 0,04 \left(1 + \frac{1}{\epsilon_r} \right) \right]; \quad \frac{W}{h} \leq 1 \quad (2.10)$$

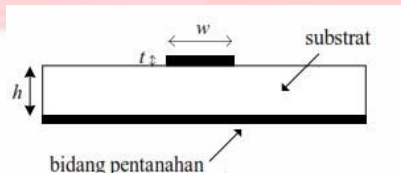
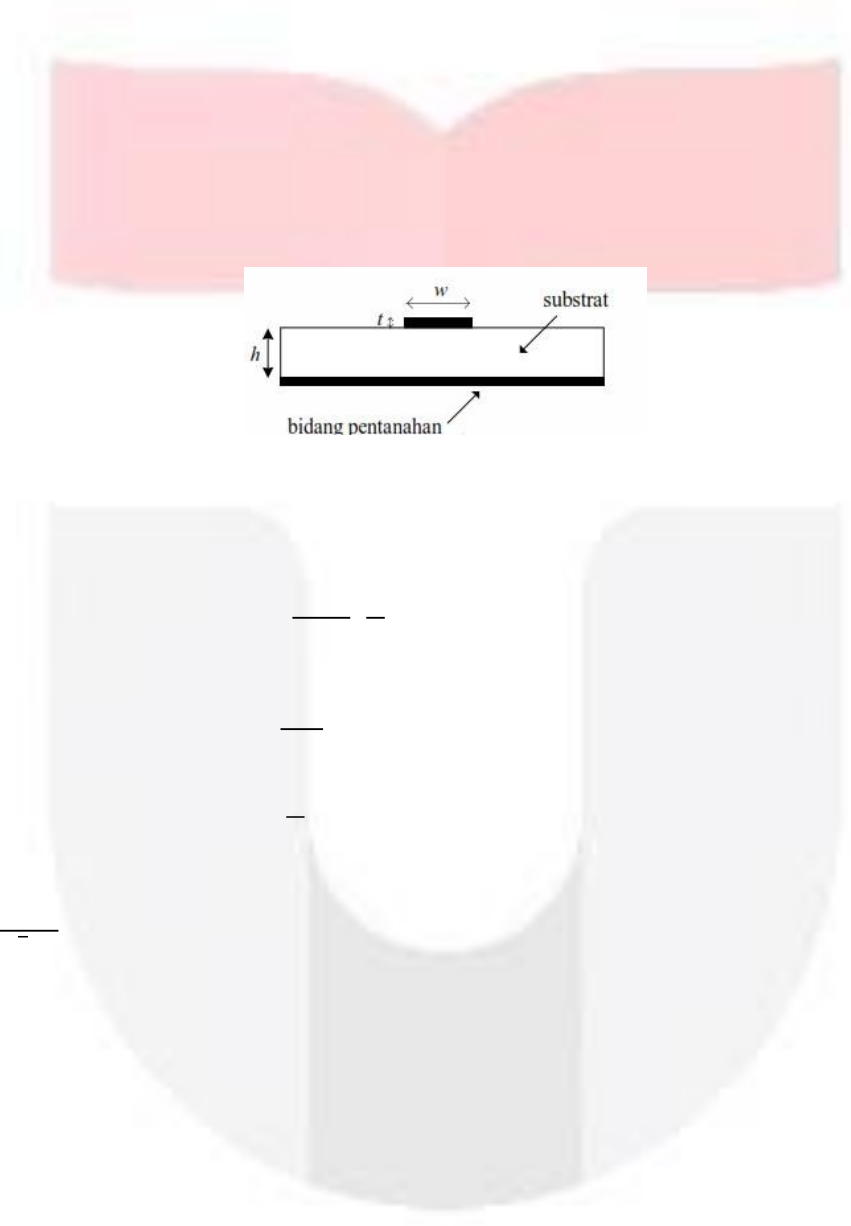
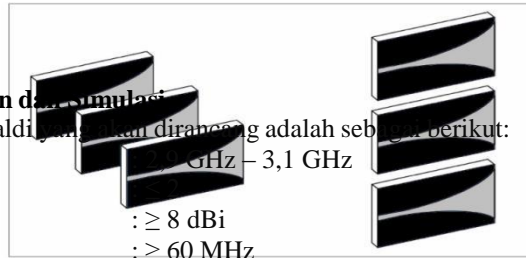
$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right]; \quad \frac{W}{h} \geq 1 \quad (2.11)$$

2.2 Metodologi Perancangan

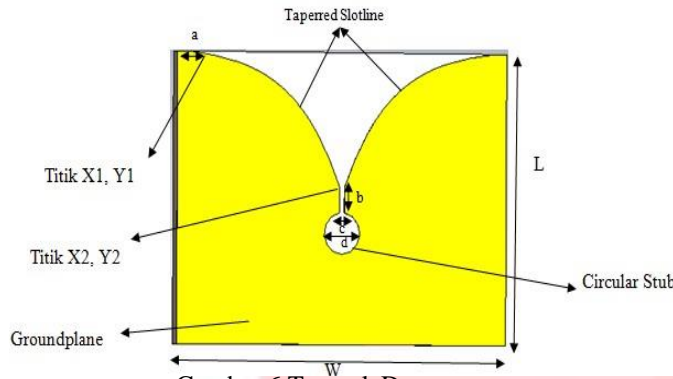
2.2.1 Tahap Perancangan dan Simulasi

Spesifikasi Antena Vivaldi yang akan dirancang adalah sebagai berikut:

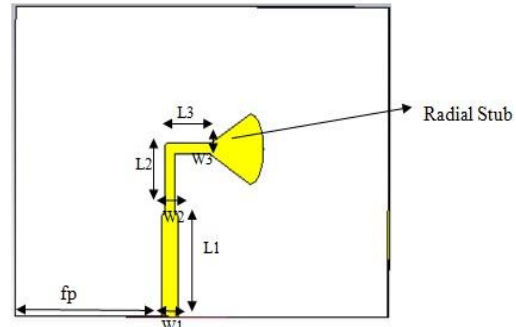
- a. Frekuensi Kerja : 3,1 GHz
- b. VSWR : $\leq 1,5$
- c. Gain : ≥ 8 dBi
- d. Bandwidth : ≥ 60 MHz



- e. Impedansi (Z_0) : 50Ω (Konektor SMA)
- f. Polarisasi : *Linear*
- g. Pola Radiasi : *Unidirectional*



Gambar 6 Tampak Depan



Gambar 7 Tampak Belakang

Tabel 1 Parameter yang digunakan pada antenna vivaldi

Parameter	Dimensi Sebelum Optimasi (mm)	Dimensi Setelah Optimasi (mm)	Keterangan
L	45	21	Panjang Dimensi Keseluruhan
L1	13,83	7	Panjang Stub 50 Ohm
L2	14	4	Panjang Stub 60 Ohm
L3	14,15	3	Panjang Stub 70 Ohm
Ltaper	27,83	13	Panjang Substrat
R	-0,2	-0,2	Kelengkungan Exponential
Wtaper	19	13	Jari-Jari Elips
W	40	28	Lebar Dimensi Keseluruhan
W1	31,108	1,25	Lebar Stub 50 Ohm
W2	2,27	0,75	Lebar Stub 60 Ohm
W3	1,689	0,75	Lebar Stub 70 Ohm
c1	170,248	101,122	Konstanta 1 pada Exponential
c2	170,248	10,1122	Konstanta 2 pada Exponential
d	4	3	Jari-Jari Lingkaran
e	271,828	271,828	Nilai eksponensial
fp	12	11	Jarak menuju stub
b	3	3	Panjang Gap
c	0,4	0,4	Lebar Gap
Tebalpatch	0,035	0,035	Tebal Patch
Tebalsubs	1,6	1,6	Tebal Substrat
w sisa	1	1	Lebar Sisa
x1	0	0	Titik X1
x2	17,5	12,8	Titik X2
y1	0	0	Titik Y1
y2	9,17	6	Titik Y2

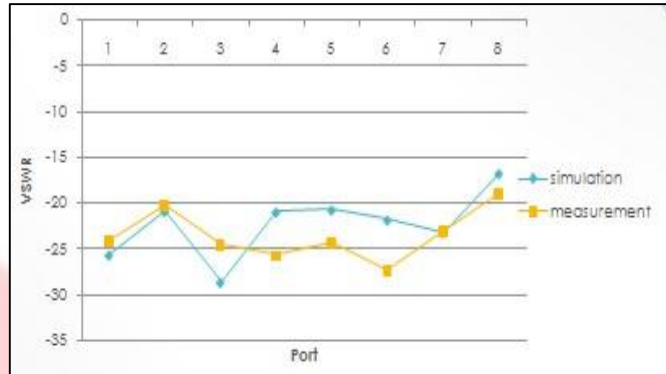
3 Pembahasan

3.1 Hasil Pengukuran dan Simulasi

Berdasarkan hasil pengukuran antenna array vivaldi ini menggunakan combiner dari 8 port menuju 1 port, dan menghasilkan nilai VSWR 1,132373 pada frekuensi 3 GHz, nilai return loss -24,1413 dB., bandwidth dengan lebar 149 MHz serta impedansi yang bernilai $51,941\Omega - j4,260\Omega$. Sedangkan, pada simulasi tidak dapat melihat hasil keseluruhan dari semua 8 port VSWR, Return Loss dan Impedansi tetapi dapat disimpulkan bahwa di simulasi mendapatkan nilai $VSWR \leq 2$, Return loss ≥ -10 serta impedansi yang bernilai 50 ohm. Karena pada simulasi tidak dapat menghasilkan data dari semua port, maka pada pengukuran digunakan terminasi sehingga dapat mengetahui

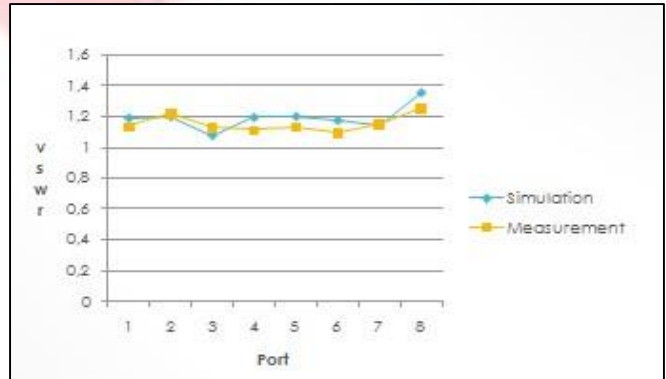
hasil VSWR dan Return Loss dari tiap-tiap masing port. Berikut ini akan ditampilkan perbandingan simulasi dan pengukuran pada tiap port.

Port	Simulation	Measurement
1	-25,701	-24,1413
2	-20,977	-20,3564
3	-28,673	-24,6397
4	-21,052	-25,7417
5	-20,813	-24,3182
6	-21,91	-27,39
7	-23,253	-23,091
8	-16,866	-19,0519



Gambar 8 Grafik perbandingan simulasi dan pengukuran Return Loss tiap port.

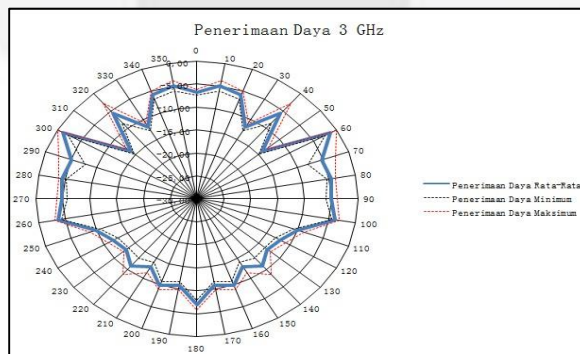
Port	Simulation	Measurement
1	1,1905	1,132373
2	1,1993	1,212339
3	1,0765	1,124531
4	1,1945	1,108885
5	1,2004	1,129532
6	1,1745	1,089224
7	1,1477	1,150668
8	1,355	1,251068



Gambar 9 Gambar Perbandingan Pengukuran dan Simulasi VSWR tiap port

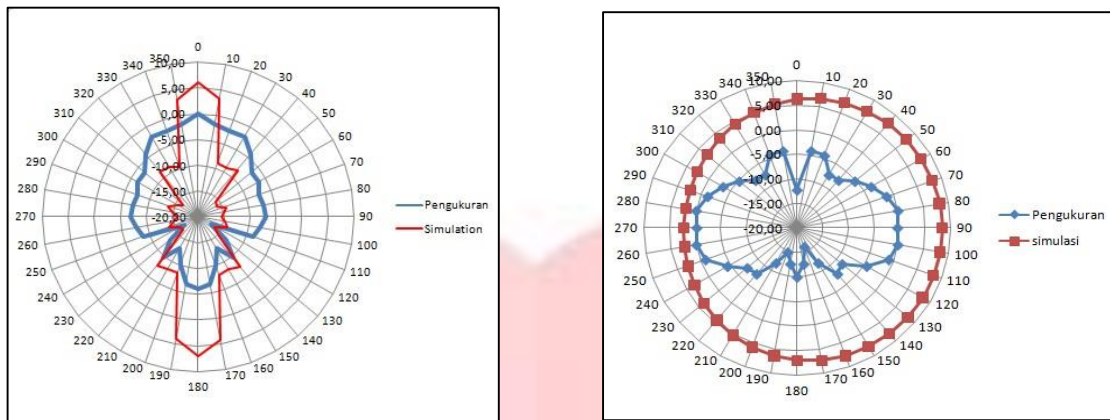
Pada gambar 3.1 hasil simulasi VSWR pada fekuensi 3 GHz disetiap port memiliki nilai dibawah 1,5 hal ini membuktikan bahwa antenna sudah memenuhi spesifikasi. Pada gambar 3.2 merupakan perbandingan pengukuran dan simulasi untuk return loss dan menunjukan nilai berada dibawah -10 dB. Untuk nilai impedansi pada simulasi bernilai $60,198\Omega + j0,649\Omega$ sedangkan pada simulasi bernilai $50,102\Omega - j4,2\Omega$. Perbedaan hasil dan simulasi dapat disebabkan karena pabrikasi yang kurang presisi sehingga menimbulkan hasil yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi antenna memiliki polarisasi linear dengan memiliki nilai axial ratio diatas 40 dB pada simulasi pada pengukuran memiliki nilai $R = 4,55$. Berikut ini merupakan grafik hasil pengukuran polarisasi.



Gambar 3.1 Hasil pengukuran polarisasi

Pada pengukuran polaradiasi dibagi menjadi dua yaitu pengukuran bidang elevasi dan azimut, yang menghasilkan polaradiasi *uni directional* Berikut ini merupakan hasil perbandingan polaradiasi dari simulasi dan pengukuran.



Gambar 10 (a).Perbandingan polaradiasi bidang azimut (b) Perbandingan polaradiasi bidang elevasi

Untuk pengukuran gain pada simulasi dan realisasi tidak menghasilkan nilai yang beda jauh. Dibawah ini merupakan tabel perbandingan antara gain pengukuran dan gain di simulasi.

Tabel 2 Pengukuran Gain

Frekuensi	Simulasi (dBi)	Pengukuran (dBi)
3 GHz	8,31	8,91

Tabel 3 Perbandingan spesifikasi, simulasi dan hasil pengukuran

No.	Parameter	Spesifikasi Kebutuhan	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
1	Frekuensi kerja	3 GHz	3 GHz	3 GHz
2	VSWR	≤ 2	1,226	1,137
3	Gain	$\geq 8\text{dBi}$	8,31 dBi	8,91
4	Impedansi	50 Ω	50,102 Ω	60,198 Ω
5.	Pola Radiasi	Unidireksional	Unidireksional	Unidireksional
6	Polarisasi	Linear	Linear	Linear

4 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi antenna array vivaldi 1x 8 pada frekuensi 2,9-3,1 GHz adalah sebagai berikut.

1. Semua parameter antenna diantaranya VSWR, *bandwidth*, *gain* dan polarisasi memenuhi spesifikasi perancangan awal antenna dan hasilnya tidak jauh berbeda dengan hasil simulasi, sehingga antenna tersebut layak digunakan sebagai komponen dalam Radar Tiga Dimensi
2. Untuk *bandwidth* (VSWR ≤ 2) adalah di frekuensi 2,9-3,1GHz sebesar 200 MHz sehingga memenuhi spesifikasi radar yang membutuhkan bandwidth minimal 60 MHz..

3. Teknik menyusun antena menggunakan *Linear Array* yang membuat 1 elemen antena membutuhkan 1 port dengan jarak antar elemen selebar substrat yaitu 1,6 mm. Pengukuran pada teknik linear array ini dilakukan menggunakan *combiner* 1: 8 serta menggunakan terminasi untuk mengetahui pengaruh antar elemen.
4. Teknik pencatutan menggunakan Microstrip Feedline yang terdiri dari 3 susun yang memiliki impedansi berbeda-beda dengan tujuan dapat meradiasikan gelombang menuju patch dengan baik.
5. Pemilihan patch 1/8 lingkaran dimaksudkan untuk mencapai bandwidth yang lebar.
6. Dengan menyusun antena sebanyak 8 elemen membuat gain membesar sehingga memenuhi spesifikasi radar yaitu senilai 8,72 dB dengan polarisasi unidirectional dan polarisasi linear.

4.2 Saran

Agar mendapatkan hasil respon frekuensi *antena* yang lebih baik pada penelitian berikutnya, terdapat beberapa hal yang bisa dijadikan saran dan sebagai bahan pertimbangan, antara lain:

1. Perancangan antena array vivaldi dengan memperhatikan pengaruh *mutual coupling* antar elemen untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.
2. Pemilihan bahan menggunakan Duroid, Rogers sehingga dapat mencapai bandwidth yang lebar
3. Menggunakan jenis antena vivaldi yang lain seperti Linear Tapered Slot maupun Dual Podal Vivaldi ataupun menggunakan stub dengan bentuk lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. J. Gibson, "The Vivaldi aerial," in *Proc. the 9th European Microwave Conference*, 1979, pp. 101-105.
- [2] G.k. Pandey, dkk. "High Gain Vivaldi Antenna for Radar and Microwav Imaging Applications", IEEE. International Journal of Signal Processing System Vol. 3, No. 1, June 2015.
- [3] Y. Yang, Y. Wang, and A. E. Fathy, "Design of compact Vivaldi antenna arrays for UWB see through wall applications," *Prog. in Electromag. Res. Online*, vol. 82, pp. 401-418, 2008.
- [4] Balanis, C.A., *Antenna Theory: Analysis and Design*, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1982.
- [5] Arso, Anttonius. Simulasi Model Operasi Pertahanan Udara Berdasar Integrasi Sistem Radar Berbeda. Tugas Akhir, Universitas Gajah Mada. 2012.
- [6] Pozar, M. David M., *Microwave Engineering*. New York: John Wiley & Sonc Ins, 2005.
- [7] Erdogan, Yakup. Parametric Study And Design Of Vivaldi Antenna And Array. Thesis, Middle East Technical University. 2009.
- [8] Waterhouse, R.B., *Microstrip Patch Antennas: A Designer's Guide*. USA: Springer, 2003.