

ANTENA SUSUNAN VIVALDI PLANAR 2×4 S-BAND AIRPORT SURVEILLANCE RADAR (ASR)

S-BAND 2×4 PLANAR ARRAY VIVALDI ANTENNA FOR AIRPORT SURVEILLANCE RADAR (ASR)

Wanda Triandi Edwin¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

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

³Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (PPET-LIPI)

¹wandatriandi@student.telkomuniversity.ac.id, ²heroe@telkomuniversity.ac.id, ³yuyu003@lipi.go.id

Abstrak

Radio Detecting and Ranging (RADAR) adalah suatu sistem deteksi gelombang radio yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan memetakan benda – benda seperti pesawat terbang, militer, dan lain - lain. Salah satu radar digunakan untuk *Airport Surveillance Radar (ASR)* yaitu radar untuk memantau pergerakan pesawat komersial pada saat memasuki/keluar wilayah bandara. Salah satu komponen yang krusial dalam sistem ASR adalah antena yang digunakan merupakan *array antenna* yang terdiri dari beberapa elemen antena, dan menggunakan variabel fasa atau pengontrolan *time-delay* pada masing-masing port untuk memindai *beam* nya. Antena direalisasikan menggunakan bahan substrat epoxy FR 4 ($\epsilon_r=4,35$ and $h=1,6$ mm) yang bekerja pada frekuensi S-Band (2,97 GHz – 3,03 GHz). Antena ini disusun sebanyak 2×4 dengan menghasilkan VSWR sebesar 1,156, Gain yang tinggi serta mempunyai sifat pola radiasi *unidirectional* serta memiliki dimensi 404 mm \times 257,9 mm \times 91 mm dengan bandwidth \approx 378 MHz.

Kata Kunci : Antena Array, S-Band, Vivaldi, ASR, Radar

Abstract

Radio Detecting and Ranging (RADAR) is a system for the detection of radio waves that are useful for detecting, measuring distances and map objects such as airplanes, military, and others. One type of radar using for *Airport Surveillance Radar (ASR)* used to monitor the movements of commercial aircraft when it enters / exits a certain airport area. One of the crucial components in the *Airport Surveillance Radar (ASR)* system is an antenna. The antenna used is a *array antenna* which consist of several elements of antenna, and use variable phase or *time-delay* control of each port to scan the beam. Antenna was realized using epoxy substrate material FR-4 ($\epsilon_r=4,35$ and $h=1,6$ mm). Antenna works at the frequency of the S-Band (2.1 to 3.1 GHz) which produces VSWR = 1,156, Gain 14,63 dBi and *unidirectional* radiation pattern. The dimensions of realized antenna is 404 mm \times 257,9 mm \times 91 mm that has effective bandwidth \approx 378 MHz.

Keywords : Antenna Array, S-Band, Vivaldi, ASR, Radar

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[10]. Antena merupakan bagian dari radar, yang berfungsi untuk mengubah gelombang listrik yang terbimbing menjadi gelombang listrik di ruang bebas. Ada banyak macam antena yang dapat digunakan untuk radar yaitu *antenna array planar* namun ada banyak kelemahan dari antena ini diantaranya cakupan scanning yang terbatas. Antena yang dapat mendukung teknologi radar yaitu Antena Vivaldi[1].

Tujuan Penelitian ini ialah untuk merancang desain antena array 2×4 Elemen Vivaldi berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan untuk 4. Mendapat informasi mengenai kerja antena yang telah dibuat sehingga mampu diaplikasikan dalam sistem *Airport Surveillance Radar (ASR)*. Rumusan Masalah yang didapati dari penelitian ini ialah bagaimana perancangan antena array 2×4 Elemen Vivaldi berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan, dan kemudian bagaimana hasilnya kedepan.

Ada beberapa batasan masalah yang ditulis dalam penelitian ini, diantaranya ialah Hanya merancang dan merealisasikan antena untuk ASR dengan menggunakan teknik Pencatutan menggunakan *Microstrip Feedline*, dan menggunakan simulasi CST *Microwave Studio*. Metode penelitian yang digunakan seperti studi literatur, perancangan dan simulasi, realisasi, pengukuran, dan analisis.

2. Antena Vivaldi untuk Airport Surveillance Radar

RADAR (Radio Detection and Ranging) adalah suatu sistem deteksi gelombang radio yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan memetakan benda-benda seperti pesawat terbang, militer, informasi cuaca. Gelombang

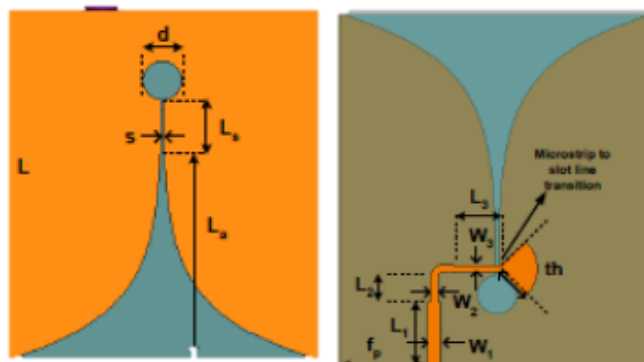
radio atau sinyal dipancarkan dan dipantulkan dari suatu benda tertentu akan ditangkap oleh radar [1].

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 ini 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 [1].

Pita frekuensi *S-band*, 2,0-4,0 GHz, merupakan frekuensi yang memiliki banyak keuntungan untuk aplikasi radar jarak menengah. Radar cuaca di *S-band* menyediakan data yang akurat pada tingkat curah hujan, dan *beamwidth* yang dicapai dengan antena berukuran sedang membuat band frekuensi ini cocok untuk radar multifungsi dan khususnya radar pelacakan / instrumentasi [2]. Sebagian besar *Airport Surveillance Radar* (ASR) beroperasi pada frekuensi S-band.

Antena Vivaldi adalah suatu antena yang banyak digunakan untuk aplikasi radar, antena ini diciptakan oleh Gibson pada tahun 1979 [3]. Antena Vivaldi memiliki beberapa keuntungan yaitu memiliki pita frekuensi yang lebar, struktur sederhana dan fabrikasi yang mudah. Antena ini juga banyak dipakai untuk pengembangan array karena memiliki dimensi lateral yang kecil dan integrasi yang sederhana [4].

Antena Vivaldi memiliki celah runcing yang dikenal dengan istilah *Tapered Slot Antenna* (TSA) yang menyebabkan antena memiliki *bandwidth* yang lebar, direktivitas yang tinggi dan mampu memancarkan pola radiasi yang simetris. Pada konfigurasi antena vivaldi bagian depan terdapat *circular cavity* yang berfungsi sebagai rangkaian terbuka untuk mengurangi refleksi yang diakibatkan oleh hubungan antara *microstrip feedline* dan *slot-line transition*. Sedangkan pada bagian belakang antena terdapat struktur radial yang secara teori menghasilkan *bandwidth* yang tak terbatas, namun adanya *slot-line transition* yang membatasi *bandwidth* pada antena ini.



Gambar 1 Konfigurasi Antena Vivaldi

- Persamaan Exponential Antena Vivaldi [2]

$$y(x) = c e^{K_a x} \quad (1)$$

Dimana konstanta c dan nilai pembukaan K_a adalah : [2]

$$c = \frac{s}{2} \quad ; \quad K_a = \frac{1}{L_a} \ln \left(\frac{W}{s} \right) \quad (2)$$

- Persamaan dimensi antena

$$W = L = \frac{c}{f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (3)$$

Keterangan

W : Panjang dimensi antena

L : Lebar dimensi antena

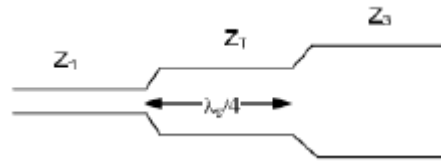
c : kecepatan cahaya *free space*

f_0 : frekuensi kerja antena

ϵ_r : konstanta dielektrik

Teknik pencatutan adalah teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik dari atau ke antena mikrostrip. Ada 4 buah teknik pencatutan pada mikrostrip yaitu mikrostrip line, probe koaksial, kopling aperture dan proximiti kopling. Pada penelitian ini digunakan teknik pencatutan mikrostrip line agar lebih mudah saat fabrikasi.

Impedance matching atau penyepadanan impedansi pada saluran transmisi merupakan cara atau teknik yang dipakai untuk menyesuaikan dua impedansi yang tidak sama, yaitu impedansi karakteristik saluran (Z_1) dan impedansi beban (Z_3). Untuk mendapatkan kondisi *matching* dilakukan dengan menambahkan transformator $\lambda/4$ dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi Z_T di antara dua saluran transmisi yang tidak sepadan (*match*). [4]



Gambar 2 Impedance Matching

Untuk memperoleh Z_T digunakan persamaan (2.12) dibawah ini

$$Z_T = \sqrt{Z_1 + Z_2} \quad (4)$$

Keterangan :

- Z_T adalah impedansi transformator $\lambda/4$
- Z_1 adalah impedansi karakteristik 50Ω
- Z_3 adalah impedansi antenna (beban)

a) Pengujian system menggunakan Software CST Mecrowave Studio

Penggunaan software dilakukan untuk memvisualisasikan dan menyimulasikan tahap sebelumnya. Visualisasi berupa gambar tiga dimensi dengan spesifikasi jenis bahan, ukuran, dan letak pencatuan agar bias disimulasikan. Sebelum merancang array antenna Vivaldi 2×4 penulis terlebih dahulu menyimulasikan antenna single patch, kemudian dikembangkan menjadi antenna array Vivaldi 1×4 selanjutnya dirancang antenna array 2×4 . Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam perancangan antenna

3. Perancangan Antena Vivaldi untuk Airport Surveillance Radar

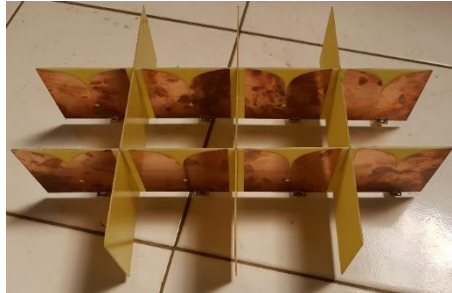
Dalam perancangan antenna ini dikelompokkan menjadi 2 tahapan. Tahap pertama adalah perancangan antenna Vivaldi elemen tunggal. Pada tahapan ini dilakukan penentuan frekuensi resonansi yang diinginkan, pemilihan bahan patch substrat, penentuan dimensi antenna serta penentuan dimensi saluran pencatuannya. Lalu hasil yang telah didapat pada tahap pertama, dilanjutkan ke tahap kedua. Tahap ini, dilakukan dengan proses simulasi menggunakan Software CST Microwave Studio. Tahapan simulasi ini dilakukan setelah penentuan spesifikasi antenna tersebut yang bertujuan untuk memvisualisasikan dan mensimulasi sesuai dengan ukuran yang telah lakukan pada tahap pertama. Lalu hasil dari simulasi tersebut berupa *Return Loss*, *VSWR*, Impedansi, Gain dan pola radiasi, polarisasi yang ditampilkan dalam bentuk berupa grafik atau gambar yang akan di analisis untuk mengetahui karakteristik dan kerja antenna. Lalu pada tahap terakhir yaitu pabriksi. Setelah mendapatkan hasil simulasi terbaik, maka akan di realisasi pemodelan dari bentuk antenna yang dirancang pada software. Pabriksi antenna ini melalui proses *fotolithcing* yang dilakukan oleh tenaga berpengalaman dan terampil dengan tujuan memperoleh keakuratan dari dimensi antenna yang sesuai dengan karakteristik yang diinginkan.

Langkah awal dari suatu perancangan antenna adalah menentukan spesifikasi kerja yang diharapkan. Spesifikasi ini merupakan acuan dari perencanaan yang akan dilakukan. Mengingat pentingnya spesifikasi, maka penulis menetapkan spesifikasi dari antenna *Array* yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

- Desain Antenna : Array
- Jenis Antena : Antena Vivaldi
- Frekuensi kerja : *S-Band* (2,9 – 3,1 GHz)
- Frekuensi tengah : 3 GHz
- VSWR : ≤ 2
- Pola Radiasi : Unidireksional
- Gain : ≥ 14 dBi
- Impedansi : 50Ω (Konektor SMA)
- Bandwith : ≥ 60 MHz

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat lunak digunakan untuk melakukan simulasi dan juga untuk mengetahui karakteristik antenna yang dirancang. Sedangkan perangkat keras digunakan untuk alat pensimulasi, fabrikasi dan juga pengukuran. Perangkat lunak yang digunakan adalah *CST Microwave Studio Suite 2016*, perangkat lunak ini sangat membantu dalam perancangan. Dengan bantuan perangkat lunak ini, rancangan fisik antenna vivaldi dapat dimodelkan dan disimulasikan serta dapat dilihat parameter yang diinginkan. Pada penelitian ini, perangkat keras yang digunakan adalah komputer/laptop, *network analyzer*, *signal generator*, *spectrum analyzer*.

Setelah hasil simulasi memenuhi spesifikasi yang diharapkan, tahap selanjutnya adalah realisasi antenna. Realisasi antenna dilakukan menggunakan teknologi thick film secara screen printing dan dibakar dengan suhu 850°C . Dimensi antenna yang difabrikasi didapat ukuran $389 \text{ mm} \times 262,8 \text{ mm} \times 91 \text{ mm}$.



Gambar 3 Realiasi antenna tampak depan

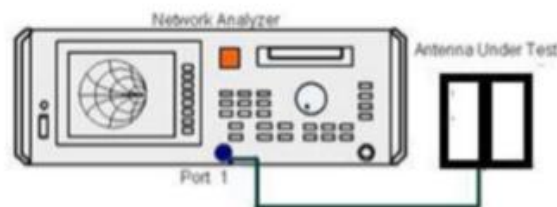


Gambar 4 Realisasi antenna tampak belakang

4. Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena

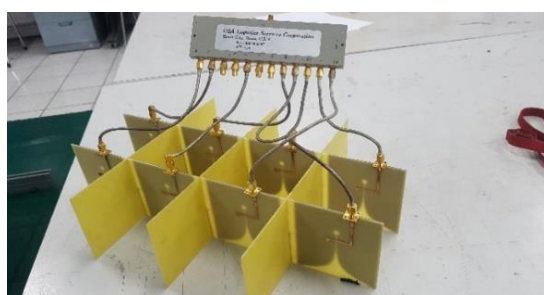
Pengukuran antena bertujuan untuk membandingkan antara performansi antena hasil simulasi dengan hasil antena pabrikan. Melalui pengukuran antena diharapkan dapat diketahui penyebab penyimpangan karakteristik antena akibat proses pabrikan antena yang telah dirancang melalui simulasi. Pengukuran parameter antena dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung. Parameter yang diukur meliputi VSWR dan *bandwidth*, *returnloss*, *gain*, polarisasi, dan pola radiasi.

Pengukuran VSWR bertujuan untuk mengetahui besar gelombang berdiri akibat dari sinyal pantul yang terjadi. Semakin besar nilai VSWR maka semakin buruk persentase daya yang diterima. Nilai VSWR harus sesuai dengan ambang batas atau kemampuan perangkat yang dipakai. Pengukuran *return loss* bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak daya yang di pantulkan lagi. Pengukuran impedansi bertujuan untuk mengetahui impedansi masukan. Pengukuran keempat parameter ini menggunakan *Network Analyzer*.



Gambar 5 Pengukuran Return Loss, VSWR, dan Bandwith dan Impedansi

Proses pengukuran didahului dengan kalibrasi *Network Analyzer* beserta kabel koaksial dengan *calibration kit* yang tersedia sehingga nilai *return loss* mendekati nol. Langkah kalibrasi ini sangat penting untuk mendapatkan nilai validitas pengukuran sebaik mungkin. Masing-masing antena dihubungkan dengan combiner hingga didapat 1 port antena seperti ditunjukkan Gambar 6. Antena AUT dihubungkan ke port 1 *Network Analyzer*, masing-masing parameter yang ingin diketahui ditampilkan melalui tombol format, kemudian diperoleh rekam grafik hasil pengukuran tersebut.



Gambar 6 Pemasangan Combiner pada Antenna

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran *return loss*. Dari pengukuran terhadap antenna *array* tersebut dihasilkan *return loss* ≤ -10 dB sesuai dengan yang diinginkan.

Tabel 1 Nilai Pengukuran Return Loss

Frekuensi	Nilai <i>Return Loss</i>
2,9 GHz	-10,587 dB
3,0 GHz	-14,082 dB
3,1 GHz	-18,199 dB

Pengukuran VSWR bertujuan untuk mengetahui seberapa besar gelombang berdiri akibat dari superposisi sinyal datang dan sinya pantul yang terjadi. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran VSWR. Nilai VSWR yang didapat dari pengukuran pada frekuensi 3 GHz memiliki nilai $\leq 1,5$, hal ini menunjukkan bahwa gelombang yang dipantulkan kembali ke arah generator bernilai kecil.

Tabel 2 Nilai Pengukuran VSWR

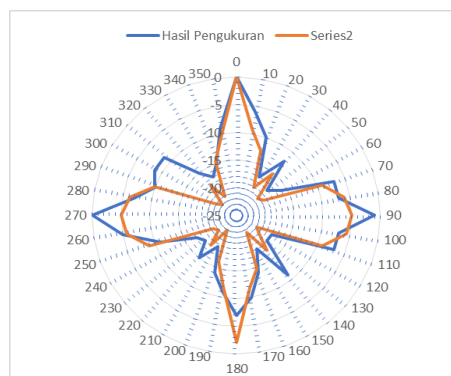
Frekuensi	Nilai
2,9 GHz	1,84
3,0 GHz	1,49
3,1 GHz	1,28

Antena array diharapkan memiliki nilai impedansi kurang lebih mendekati 50 Ω . Hasil pengukuran pada Tabel 3 menunjukkan diperolehnya nilai impedansi 73,94 Ω pada frekuensi 3,0 GHz.

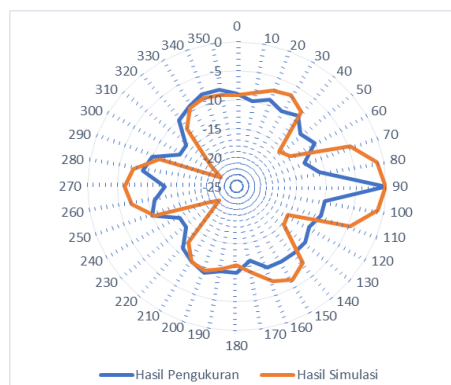
Tabel 3 Nilai Pengukuran Impedansi

Frekuensi	Nilai Impedansi
3,0 GHz	73,94 Ω

Pola radiasi antenna merupakan representasi dari perbandingan level daya yang keluar dari antenna dalam dari berbagai arah. Pada pengukuran pola radiasi, pengukuran dilakukan terhadap frekuensi tengah yaitu 3,0 GHz. Gambar 7 dan 8 menunjukkan pola radiasi azimuth dan elevasi pada antenna. Dari hasil yang diperoleh terlihat perbedaan pola radiasi baik pada arah azimuth maupun elevasi antara hasil pengukuran dan simulasi.

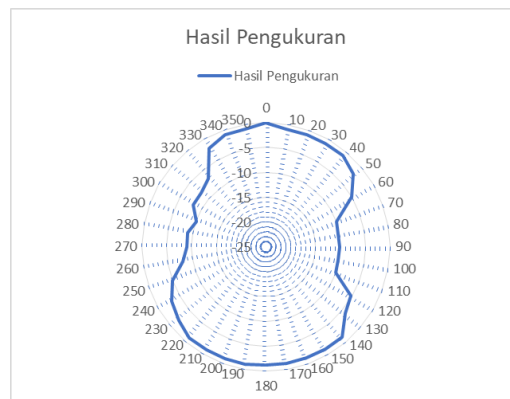


Gambar 7 Pengukuran Pola Radiasi Bidang Azimuth



Gambar 8 Pengukuran Pola Radiasi Bidang Elevasi

Polarisasi antenna merupakan arah getaran gelombang yang merambat di media propagasi. Fungsi pengukuran polarisasi antenna adalah untuk mencegah loss polarization atau hilangnya daya akibat jenis polarisasi yang tidak *match*. Gambar 9 adalah grafik hasil pengukuran pola polarisasi.



Gambar 9 Pengukuran Polarisasi

Dalam pengukuran gain antenna digunakan metode perbandingan yang menggunakan dua buah antenna yaitu antenna referensi yang sudah diketahui gainnya dan antenna yang akan diuji (AUT). Prosedur pengukuran *gain* sama halnya dengan pengukuran pola radiasi dan polarisasi. Namun, hanya sudut pandang yang diamati saja yang berbeda. Untuk pengukuran *gain* tidak hanya antenna yang akan diuji namun dibutuhkan sebuah antenna yang dijadikan sebuah antenna yang dijadikan sebagai antenna referensi. Antenna yang dijadikan sebagai referensi adalah antenna *horn*. Tabel 4 adalah hasil pengukuran gain.

Tabel 4 Nilai Pengukuran Gain

Pengukuran	Antena	
	AUT (Uji) (dBm)	REF (Referensi) (dBm)
1	-41,02	-41,12
2	-41,08	-41,23
3	-41,20	-41,28
4	-41,25	-41,34
5	-41,22	-41,45
6	-41,21	-41,63
7	-41,14	-41,50
8	-41,16	-41,30
9	-41,10	-41,75
10	-41,18	-41,50
Rata - Rata	-41,15	-41,41

$$\begin{aligned}
 G_{AUT}(\text{dBi}) &= P_{AUT}(\text{dBm}) - P_{REF}(\text{dBm}) + 9,6 \text{ dBi} \\
 &= -41,15 - (-41,41) + 9,6 \\
 &= 9,854 \text{ dBi}
 \end{aligned}$$

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari proses perancangan dan realisasi antenna array 2×4 ini, semua parameter antenna diantaranya VSWR, *bandwith*, *gain*, impedansi 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*. Pemasangan variabel kabel catu pada *combiner* yang berbeda akan mempengaruhi bentuk dari grafik *return loss*, VSWR nya namun perbedaan tidak terlalu signifikan, dikarenakan *combiner* sudah di optimasi terlebih dahulu.

Daftar Pustaka

- [1] David Barton, Sergey Leonov, Radar Technology Encyclopedia, Boston .London: Artech House, 1998.
- [2] G. K. Pandey, H. S. Singh, P. K. Bharti, A. Pandey, and M. K. Meshram, "High Gain Vivaldi Antenna for Radar and Microwave Imaging Application," International Journal of Signal Processing System, vol. 3, pp. 35-39, 2015.
- [3] P. J. Gibson, "The Vivaldi Aerial," Proc. The 9th European Microwave Conference, pp. 101-105, 1979
- [4] Yazhou Wang, Aly E. Fathy, "Design of a Compact Tapered Slot Vivaldi Antenna Array for See Through Concrete Wall UWB Applications," EECS Departement, University of Tennessee, Knoxville, USA.

- [5] Afzal,M.U, A.A Qurehi, M.A Tarar, T.Tarar, T.Taqueeer, “Modeling and Simulation of an X-band Planar Phased Array”, 2011.
- [6] J. D. Kraus, and Mar. Hefka Ronald D, *Antennas For All Aplication*, New York: McGraw-Hill Book Company, 1988.
- [7] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory Analysis And Design Third Edition* Canada: A John Wiley & Sons, INC., Publication, 2005.
- [8] M. Wahab, Y. Wahyu, P. Adhi, Y.P Saputera, F.Y. Zulkifli and E. T. Raharjo, “Desain dan Implementasi Antenna Generasi I untuk Litbang Konsorsium Radar,” pp. 123-130, 2012.
- [9] Fenn, Alan , *Adaptive Antennas and Phased Arrays for Radar and Communications*, Lincolyn Laboratory: Massachusetts Intstitue of Technology, 2008.
- [10] M. I. Skolnik, *Introduction to Radar System*, McGrawhill, 1980
- [11] W. Dieter Wirth, *Radar Techniques using Array Antenna*, London: The Institute of Electrical Engineers, 2001.
- [12] L. Stark, “Rotating Phased Array Antennas For Air Surveillance Radars,,: in *Hughes Aircraft Company Ground System Group*, Fullerton, California, 1973.