



Desain Antena X-Band Pita Lebar Untuk Radar Tracking

(Broadband X-Band Antenna Design for Tracking Radar)

Erick Lumbanraja¹, Joko Suryana²

^{1,2} Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung

E-mail: 23221026@mahasiswa.itb.ac.id, joko.suryana@stei.itb.ac.id

Abstrak— Desain antena x-band pita lebar yang bekerja pada frekuensi 9-9.5 GHz dijelaskan pada paper ini. Antena di desain menggunakan bentuk antena vivaldi antipodal dengan tujuan antena dapat memberikan gain yang besar, bandwidth yang lebar, radiation-loss yang kecil serta pola radiasi yang stabil. Di desain antena single dan antena susun 1x2 menggunakan bahan subtrat FR-4 dengan dielektrik subtrat 4.3, tebal subtrat 1.6 mm dan tebal patch antena 0.035 mm. Dengan bandwidth antena single dan antena susun yang lebar berturut-turut 32.4 % dan 28.5 %, gain 5.1 dB dan 6.9 dB pada antena single dan susun serta pola radiasi mean beam direction 90° sehingga memungkinkan untuk digunakan pada sistem antena radar tracking.

Kata Kunci— antena vivaldi antipodal, pita lebar, radar tracking, side lobe level (SLL), x-band

Abstract— The design of a wideband x-band antenna working at a frequency of 9-9.5 GHz is described in this paper. The antenna is designed using an antipodal Vivaldi antenna shape with the aim that the antenna can provide large gain, wide bandwidth, small radiation-loss and a stable radiation pattern. The single antenna design and 1x2 stacked antenna use FR-4 substrate material with a substrate dielectric of 4.3, a substrate thickness of 1.6 mm and an antenna patch thickness of 0.035 mm. With wide single and stacked antenna bandwidths of 32.4% and 28.5% respectively, gain of 5.1 dB and 6.9 dB on single and stacked antennas and a 90° mean beam direction radiation pattern making it possible to use it in radar tracking antenna systems.

Keywords— antipodal vivaldi antenna, broadband, side lobe level (SLL), tracking radar, x-band.

I. PENDAHULUAN

Radar tracking baik yang terpasang pada pesawat tempur maupun pada trailer bergerak di darat seperti pada gambar 1 membutuhkan gain yang tinggi serta pola radiasi dengan arah pancaran utama atau main beam direction searah dengan panjang antena. Hal ini diperlukan guna mendapatkan selisih gain main lobe dengan side lobe atau dikenal dengan side lobe level (SLL) bisa sebesar atau sejauh mungkin. Dengan perbedaan atau selisih gain main lobe terhadap side lobe yang jauh atau nilai SLL yang besar diharapkan dapat mengurangi miss detect dan false alarm, sehingga dapat meningkatkan kemampuan radar dalam mendeteksi obyek di udara. Antena vivaldi telah banyak digunakan pada sistem komunikasi nirkabel dan radar karena mempunyai bentuk yang sederhana, bandwidth yang lebar serta memiliki efisiensi radiasi yang baik. Pola radiasi yang stabil dan gain yang tinggi juga dapat diperoleh pada desain antena dengan menggunakan antena jenis vivaldi.

* Erick Lumbanraja

E-mail: 23221026@mahasiswa.itb.ac.id



(a)



(b)

Gambar 1. Radar tracking (a) radar Weibel (b) AESA radar pada pesawat tempur.

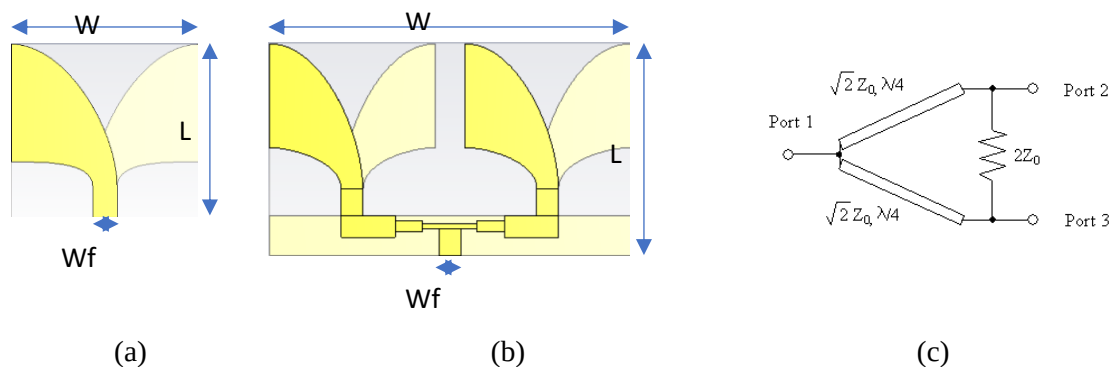
Antena microstrip memiliki kelemahan bandwidth yang sempit, pada tahun 1979 antena jenis vivaldi pertama kali dikenalkan oleh Gibson yang dapat memberikan bandwidth yang cukup lebar. Dan pada tahun 1988 oleh Gazit dikembangkan jenis antena vivaldi antipodal yang dapat memberikan bandwidth lebih lebar untuk desain antena. Power divider/combiner digunakan untuk memberikan impedansi matching sehingga dengan satu power masukan dapat memberikan ke beberapa keluaran dengan power yang sama. Peningkatan kemampuan antena seperti data rate tinggi, gain besar dan pola radiasi stabil dapat diperoleh dengan beberapa teknik pada antena vivaldi antipodal (A. S. Dixit dkk, 2020). Antena vivaldi antipodal dengan director dan metamaterial dapat memberikan bandwidth yang sangat lebar serta dapat meningkatkan gain pada frekuensi 16-28 GHz (X. Shi dkk, 2021), antena vivaldi antipodal dengan desain yang sederhana dan dimensi yang kecil serta dengan korugasi dapat meningkatkan gain dan bandwidth antena (A. S. Dixit dkk, 2021), antena vivaldi antipodal dengan beberapa belahan kecil berbentuk segitiga di sepanjang pinggir antena serta pelebaran jarak antar ujung antena antipodal dapat menambah batas frekuensi bawah sehingga bandwidth dapat bertambah (M. Moosazadeh dkk, 2015), antena vivaldi antipodal yang dibentuk menyerupai daun pakis dapat menambah bandwidth dan menghasilkan pola radiasi yang lebih terarah pada frekuensi tinggi (B. Biswas dkk, 2017), antena vivaldi antipodal dengan korugasi dan dielectric lens dapat menambah gain hingga 3 dB serta

bandwidth sehingga dapat digunakan pada sistem 5G dual-band (S. Kumar dkk, 2022) adalah beberapa metode untuk meningkatkan performa suatu desain antenna.

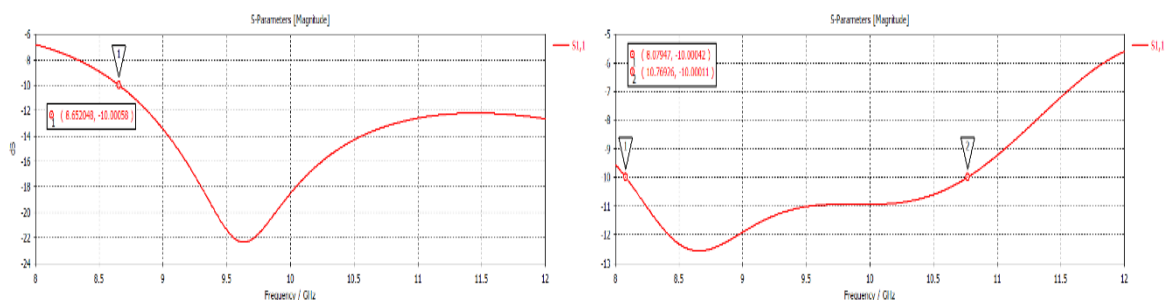
Antena single dan antena susun 1x2 (2 elemen) x-band pita lebar dengan arah pancaran main beam direction searah dengan panjang antenna serta rangkaian power divider/combiner didesain pada paper ini. Penyesuaian impedansi saluran transmisi power divider/combiner terhadap masukan antenna menghasilkan koefisien refleksi S11 frekuensi kerja 9-9.5 GHz dibawah -10 dB dan bandwidth lebar diatas dari 10 %. Dengan desain antenna vivaldi antipodal konvensional, menghasilkan pola radiasi yang diharapkan yaitu arah pancaran beam utama ke arah depan dari susunan elemen antenna serta mendapatkan gain yang dapat di implementasikan pada sistem antenna radar tracking.

II. DESAIN ANTENA

Desain antenna vivaldi antipodal menggunakan software computer simulation technology (CST), dengan geometri perancangan antenna vivaldi ditunjukkan pada gambar 2(a) dan (b). Desain menggunakan bahan substrat FR-4 dengan dielektrik relative permittivity $\epsilon_r = 4.3$ dan ketebalan substrat $h = 1.6$ mm. Sedangkan antenna vivaldi setelah dilakukan optimasi mempunyai dimensi lebar $W = 24$ mm dan panjang $L = 22$ mm untuk antenna single dan $W = 24$ mm dan $L = 24.775$ mm untuk antenna susun 2 elemen. Antenna menggunakan bahan tembaga dengan ketebalan copper $t = 0.035$ mm. Pada antenna susun digunakan power divider/combiner seperti gambar 2(c). Power divider/combiner digunakan untuk membagi daya masukan ke masing-masing elemen antenna. Untuk mendapatkan impedansi matching, desain antenna terhubung dengan saluran transmisi microstrip line 50 ohm dengan lebar microstrip line $W_f = 3.135$ mm dan panjang $L_f = \lambda_g/4$ mm, dimana $\lambda_g = \lambda_{md}/\sqrt{\epsilon_r}$.



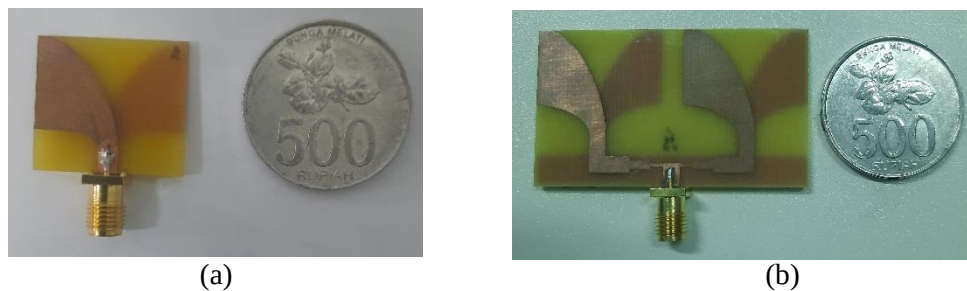
Gambar 2. Desain antenna (a) antenna single (b) antenna susun 1x2 dengan power divider/combiner (c) rangkaian power divider/combiner.



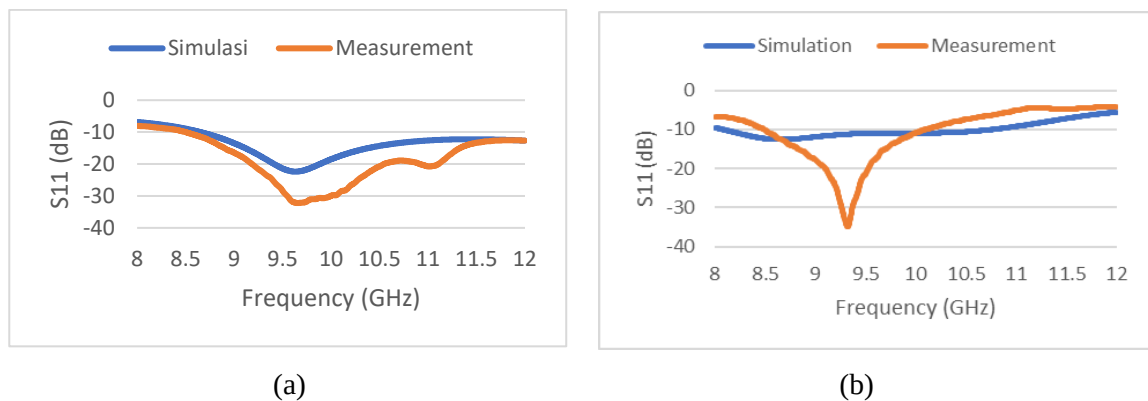
Gambar 3. Koefisien refleksi S11 (a) antenna single (b) antenna susun 1x2.

Gambar 3(a) dan (b) berturut-turut menunjukkan koefisien refleksi S11 hasil simulasi dari antenna single dan antenna susun. Dengan koefisien refleksi S11 dibawah -10 dB, antenna single memiliki frekuensi rendah pada frekuensi 8.6521 GHz dan frekuensi tinggi lebih dari 12 GHz sehingga dengan persamaan (1) antenna single memiliki bandwidth lebih dari 32.4 % sedangkan antenna susun memiliki frekuensi rendah pada frekuensi 8.0795 GHz dan frekuensi tinggi 10.7693 GHz dan bandwidth 28.5 % seperti ditunjukkan pada tabel 1. Sehingga dengan bandwidth lebih dari 10 %, desain antenna single dan antenna susun termasuk dalam jenis antenna wideband.

$$\text{Bandwidth} = \frac{f_u - f_l}{(f_u + f_l)/2} \times 100\% \quad (1)$$



Gambar 4. Hasil fabrikasi (a) antenna single (b) antenna susun 1x2 dengan power divider/combiner.



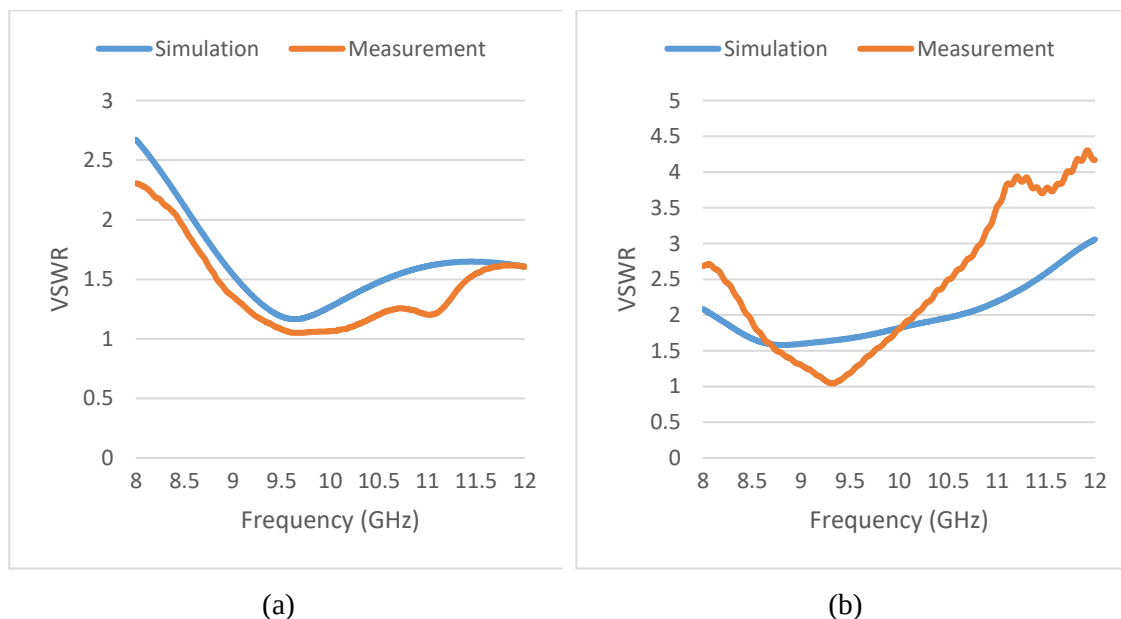
Gambar 5. Koefisien refleksi S11 hasil simulasi dan pengukuran pada (a) antenna single (b) antenna susun 1x2.

Tabel 1. Koefisien refleksi S11 hasil simulasi dan pengukuran pada antenna single dan antenna susun 1x2.

	Simulasi				Pengukuran			
	S11 min (dB)	Freq lower (GHz)	Freq upper (GHz)	Bandwidth (%)	S11 min (dB)	Freq lower (GHz)	Freq upper (GHz)	Bandwidth (%)
Antena single	-22.37 di 9.632 GHz	8.6521	> 12	> 32.4	-32.2 di 9.656 GHz	8.504	> 12	> 34.1
Antena susun 1x2	-12.58 di 8.656 GHz	8.0795	10.769	28.5	-34.85 di 9.32 GHz	8.492	10.1	17.3

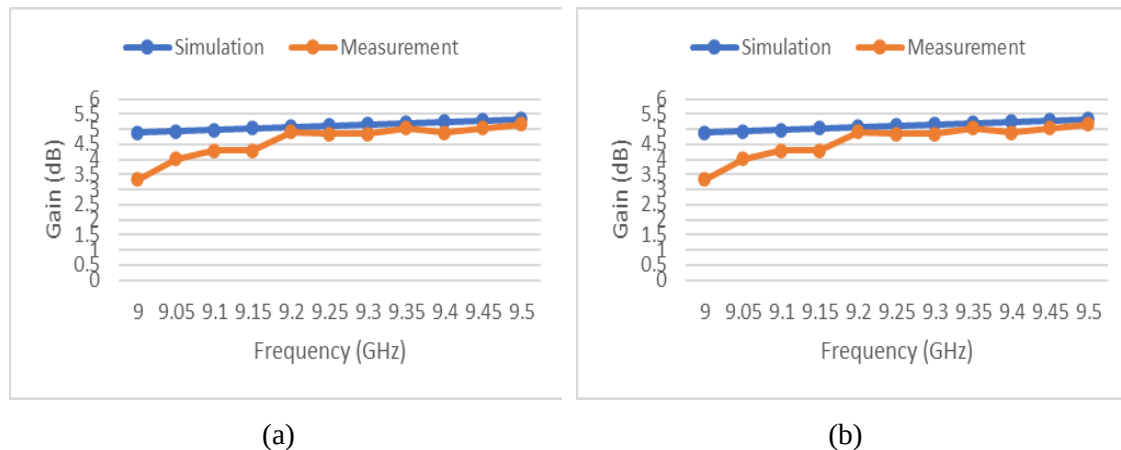
III. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan desain dan simulasi pada software CST, kemudian dilakukan fabrikasi atau pencetakan terhadap desain antenna tersebut untuk kemudian dilakukan pengukuran. Gambar 4(a) dan (b) berturut-turut menunjukkan antenna single dan antenna susun hasil fabrikasi yang dihubungkan dengan konektor SMA 50 ohm. Pengukuran antenna dilakukan menggunakan alat ukur vector network analyzer (VNA), signal generator (SG) dan spectrum analyzer (SA) di dalam ruang unechoic chamber untuk mengurangi efek propagasi maupun interferensi dari lingkungan sekitar. Gambar 5(a) menunjukkan koefisien refleksi S11 terbaik antenna single hasil pengukuran terdapat pada frekuensi 9.656 GHz yaitu -32.197 dB sedangkan hasil simulasi pada frekuensi 9.632 GHz yaitu -22.372 dB. Pada gambar 5(b) koefisien refleksi S11 terbaik antenna susun hasil pengukuran terdapat pada frekuensi 9.32 GHz yaitu -34.849 dB sedangkan hasil simulasi pada frekuensi 8.656 GHz yaitu -12.584 dB. Dari hasil pengukuran dengan koefisien refleksi dibawah -10 dB antenna single memiliki bandwidth sebesar 34.1 % dan antenna susun memiliki bandwidth 17.3 % seperti ditunjukkan pada tabel 1. Baik dari hasil simulasi maupun pengukuran kedua antenna, nilai koefisien refleksi S11 pada rentang frekuensi kerja 9-9.5 GHz masih memenuhi syarat yaitu di bawah -10 dB.



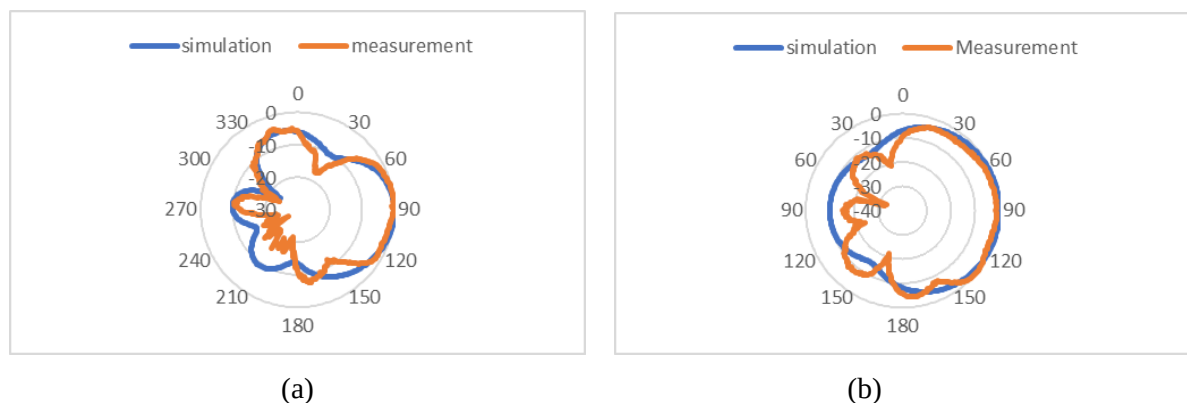
Gambar 6. VSWR hasil simulasi dan pengukuran pada (a) antenna single (b) antenna susun 1x2

Nilai VSWR hasil simulasi dan pengukuran dari antenna single dan antenna susun ditunjukkan berturut-turut pada gambar 6(a) dan (b). Pada antenna single nilai VSWR terbaik hasil simulasi adalah 1.165 pada frekuensi 9.632 GHz dan hasil pengukuran adalah 1.05 pada frekuensi 9.656 GHz. Dan pada antenna susun nilai VSWR terbaik hasil simulasi adalah 1.581 pada frekuensi 8.812 GHz dan hasil pengukuran adalah 1.041 pada frekuensi 9.32 GHz.

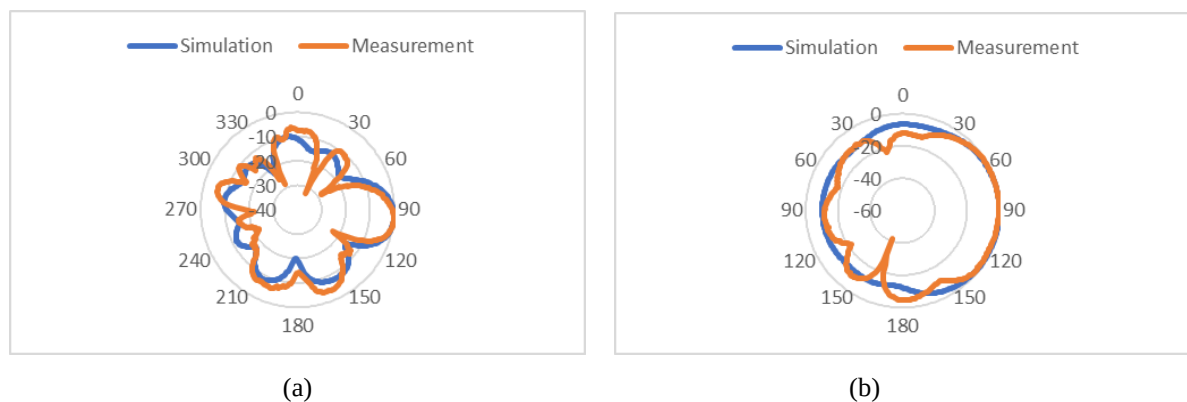


Gambar 7. Gain hasil simulasi dan pengukuran (a) antenna single dan (b) antenna susun 1x2.

Gambar 7 menunjukkan besar gain hasil simulasi dan pengukuran pada rentang frekuensi kerja dari radar tracking yaitu 9-9.5 GHz. Pada antenna single, frekuensi tengah 9.25 GHz hasil simulasi memiliki gain sebesar 5.113 dB dan hasil pengukuran sebesar 4.84 dB. Pada antenna susun 1x2, frekuensi tengah 9.25 GHz hasil simulasi memiliki gain sebesar 6.928 dB dan hasil pengukuran sebesar 6.29 dB.



Gambar 8. Pola radiasi antenna single frekuensi tengah 9.25 GHz (a) bidang azimuth dan (b) bidang elevasi.



Gambar 9. Pola radiasi antenna susun 1x2 frekuensi tengah 9.25 GHz (a) bidang azimuth dan (b) bidang elevasi.

Pola radiasi antenna single bidang azimuth dan elevasi hasil simulasi dan pengukuran ditunjukkan pada gambar 8(a) dan (b) berturut-turut. Pada bidang azimuth maupun elevasi menghasilkan pola radiasi sesuai dengan yang diharapkan yaitu main beam direction di 90° . Dan didapatkan besar side lobe level (SLL) adalah -5.4 dB pada antenna single. Gambar 9(a) dan (b) menunjukkan pola radiasi antenna susun hasil simulasi dan pengukuran bidang azimuth dan elevasi berturut-turut. Diperoleh pola radiasi dengan main beam direction 90° pada bidang azimuth dan elevasi dan SLL -7.6 dB.

IV. KESIMPULAN

Pengukuran terhadap fabrikasi desain antenna vivaldi antipodal x-band pada software CST menghasilkan nilai koefisien refleksi yang lebih bagus yang ditunjukkan dengan nilai minimum jauh lebih kecil dari -10 dB baik pada antenna single maupun antenna susun. Pada antenna susun terlihat bandwidth mengalami penyempitan, hal ini terjadi akibat dari nilai minimum koefisien refleksi yang sangat dalam atau kecil. Gain hasil simulasi menunjukkan nilai yang lebih stabil daripada hasil pengukuran disebabkan pada pengukuran terdapat beberapa sambungan konektor dan panjang kabel yang menyebabkan redaman dan ketidakstabilan pada hasil pengukuran. Pada pola radiasi baik antenna single maupun antenna susun menghasilkan main beam direction yang sama di 90° dan pola radiasi yang mirip antara hasil simulasi software CST dengan hasil pengukuran antenna. Beberapa hal lainnya yang menyebabkan hasil simulasi dan hasil pengukuran antenna tidak sama persis adalah pada saat fabrikasi terdapat perbedaan ukuran dimensi antenna antara yang tertulis di software CST dengan antenna hasil fabrikasi. Ketersediaan jenis bahan substrat di tempat dimana antenna difabrikasi menyebabkan perbedaan nilai dielektrik permittivity substrat yang digunakan untuk fabrikasi dan yang digunakan pada simulasi juga dapat mempengaruhi perbedaan hasil pengukuran terhadap desain antenna.

REFERENSI

- [1] M. Zobu, B. Dagdeviren, G. Demirbas, B. C. Kocaoglu and E. Gurhan. (2022, May). Low Sidelobe Level Antenna Array with Amplitude Tapering. Microwave Mediterranean Symposium (MMS).
- [2] S. Dixit and S. Kumar. (2020, Februari). A Survey of Performance Enhancement Techniques of Antipodal Vivaldi Antenna. IEEE Access. pp. 45774-45796.
- [3] S. Dixit, S. Kumar, S. Urooj and A. Malibari. (2021). A Highly Compact Antipodal Vivaldi Antenna Array for 5G Milimeter Wave Applications. Sensors.
- [4] Biswas, R. Ghatak and D. R. Poddar. (2017, September). A Fern Fractal Leaf Inspired Wideband Antipodal Vivaldi Antenna for Microwave Imaging System. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol 65. pp. 6126-6129.
- [5] P. Varsha, P. P. Kumar and P. Saxena. (2021, Desember). High Gain Compact Antipodal Vivaldi Antenna for UWB Applications. IEEE 18th India Council International Conference (INDICON).
- [6] M. Moosazadeh and S. Kharkovsky. (2015, October). Design of Ultra Wide Band Antipodal Vivaldi for Microwave Imaging Applications. IEEE International Conference on Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB).
- [7] M. Liu, Z. R. Feng and Q. Wu. (2008, September). Design of a Milimeter Wave Conformal Low Sidelobe Microstrip Antenna Array on a Cone Surface. China Japan Joint Microwave Conference.
- [8] M. Strackx, K. Janssen, E. D. Agostino, G. A. E. Vandenbosch, P. Reynaert and P. Leroux. (2011, September). Ultra Wideband Antipodal Vivaldi Antenna Array With Wilkinson Power Divider Feeding Network. IEEE International Conference on Ultra Wideband (ICUWB).
- [9] R. L. Haupt. (2018, August). Optimizing the Sidelobe Level of a Two Way Antenna Array Pattern by Thinning the Receive Aperture. 2018 International Conference on Radar (RADAR).

-
- [10] S. Kumar and A. S. Dixit. (2022, June). Antipodal Vivaldi Antenna for 5G Devices. IEEE Wireless Antenna and Microwave Symposium (WAMS).
 - [11] T. T. Toan, N. M. Tran and T. V. B. Giang. (2017, October). A Feeding Network with Chebyshev Distribution for Designing Low Sidelobe Level Antenna Arrays. VNU Journal of Science Computer Science and Communication Engineering.
 - [12] X. Shi, Y. Cao, Y. Hu, X. Luo, H. Yang, and L. H. Ye. (2021, September). A High Gain Antipodal Vivaldi Antenna with Director and Metamaterial at 1-28 GHz. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. pp. 2432-2436.
 - [13] Y. Lu and X. Ye. (2019, August). Antipodal Vivaldi Antenna Designed for Microwave Imaging System. 2019 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium – China (ACES).