

Antena Vivaldi Konvensional untuk Penerapan pada Radar Cuaca (9.4 GHz)

Randhika Rianza^{1*}, Uzma Septima^{2*}, Andi Ahmad Dahlan³, Firdaus⁴, Nasrul⁵, Yulindon⁶, Yustini⁷
¹²³⁴⁵⁶⁷Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang

* Corresponding Author: randhikarianza99@gmail.com, uzmaseptima@gmail.com

Abstrak— Untuk memprediksi kondisi cuaca sebagai langkah antisipasi terhadap bencana alam, dibutuhkan radar cuaca. Dalam teknologi radar cuaca, antena berperan penting dalam menopang kinerja radar cuaca tersebut. Antena vivaldi merupakan pilihan yang tepat karena memiliki lebar pita tak hingga sehingga mampu beroperasi pada frekuensi kerja yang diinginkan, termasuk frekuensi kerja radar cuaca (9.4 GHz). Penelitian ini membahas tentang modifikasi *tapered slot*, *circular stub*, *radial stub*, panjang dan lebar substrat antena vivaldi referensi [1] menggunakan perangkat lunak CST Studio. Setelah dilakukan modifikasi dan pengukuran, didapatkan nilai *return loss* sebesar -23.25336989 dB, *bandwidth* sebesar 500 MHz, *VSWR* 1.188463357, *gain* sebesar 3.99 dBi, dan pola radiasi *unidirectional*. Semua nilai parameter antena yang dihasilkan adalah dalam kondisi baik dan memenuhi syarat antena radar cuaca untuk frekuensi kerja 9.4 GHz.

Kata kunci: Antena vivaldi, radar cuaca, CST Studio.

Abstract— To predict weather conditions as an anticipation act towards natural disasters, a weather radar is needed. In weather radar technology, antennas play an important role in supporting the performance of the weather radar. Vivaldi antenna is the right choice because it has an unlimited bandwidth so it is able to operate at the desired work frequency, including the working frequency of weather radar (9.4 GHz). This research discusses the modification of tapered slots, circular stub, radial stub, length and width of the reference vivaldi antenna [1] using CST Studio software. After modifications and measurements, a return loss value of -23.25336989 dB, bandwidth of 500 MHz, VSWR 1.188463357, gain of 3.99 dBi, and unidirectional radiation patterns. All the resulting antenna parameter values are in good condition and qualify the weather radar antenna for a working frequency of 9.4 GHz.

Keywords: Vivaldi antenna, weather radar, CST Studio.

© 2022 Elektron Jurnal Ilmiah

I. PENDAHULUAN

Bencana alam perlu diantisipasi untuk mencegah berbagai kerugian. Sebagian besar penyebab bencana berasal dari cuaca dan faktor iklim, seperti kemarau panjang, banjir, tanah longsor, angin puyuh, serta hujan deras. Salah satu langkah pencegahan yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan informasi yang diperoleh dari radar cuaca, seperti hasil deteksi konsentrasi air, awan atau parameter lainnya yang berkaitan dengan kondisi cuaca. Salah satu komponen penting dalam pendeteksian cuaca adalah radar, yang tentunya memiliki antena sebagai salah satu komponen penting.

Terdapat berbagai jenis antena yang digunakan pada teknologi radar, salah satunya antena vivaldi. Antena vivaldi merupakan antena yang cukup populer digunakan untuk pengaplikasian teknologi radar, salah satunya radar cuaca [2]. Adapun beberapa karakteristik yang dimiliki oleh antena vivaldi antara lain mampu bekerja pada pita frekuensi lebar (*Ultra Wide-Band*), memiliki nilai *gain* yang tinggi [3], [4] dan memiliki pola radiasi *directional* [1], [5]. Bahkan secara teoritis, antena vivaldi memiliki lebar pita tak terhingga [6]. Hal inilah yang menyebabkan antena vivaldi menjadi salah satu kandidat kuat untuk penerapan teknologi radar cuaca.

Beberapa karakteristik antena pada teknologi radar cuaca adalah bekerja pada frekuensi 9.4 GHz [2], [7], memiliki *bandwidth* minimal 400 MHz [2] dan memenuhi standar parameter antena lainnya seperti $2 > \text{VSWR} > 1$, *gain* yang tinggi, dan lain-lain. *Bandwidth* yang terlalu lebar pada antena radar cuaca akan menimbulkan interferensi yang dapat mengganggu sistem pendeteksi cuaca [2], jadi antena vivaldi yang memiliki pita lebar harus dimodifikasi sedemikian rupa agar nilai *bandwidth* yang dihasilkan bisa lebih fokus pada area sekitar frekuensi kerja 9.4 GHz.

Sudah ada beberapa penelitian yang membahas mengenai antena radar cuaca. Seperti penelitian [2], hasil yang didapat adalah antena yang mampu bekerja pada frekuensi 9.4 GHz, lebar pita (*bandwidth*) sebesar 1.31 GHz, dan pola radiasi berbentuk *unidirectional*. Namun dalam penelitian tersebut masih bisa dilakukan perbaikan seperti memperdalam nilai *return loss*, melengkapi informasi parameter dasar antena lainnya seperti *VSWR*, *gain*, dan lain-lain.

Pada penelitian [7], didapatkan hasil berupa antena yang mampu bekerja pada frekuensi 9.318 GHz, *bandwidth* sebesar 254 MHz, dan *gain* 10.47 dB. Dari penelitian tersebut dapat dilakukan perbaikan pada nilai frekuensi kerja yang belum tepat di 9.4 GHz setelah

dilakukannya pengukuran serta perbaikan pada nilai *return loss*.

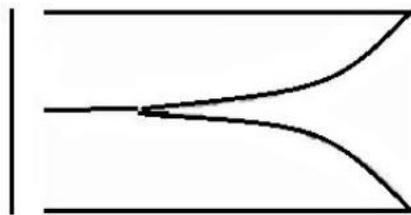
Adapun bahan dasar substrat yang digunakan adalah papan PCB FR-4. Hal ini dikarenakan PCB FR-4 memiliki beberapa keunggulan, di antaranya mudah didapat, ringan dan harga yang terjangkau.

Penelitian ini akan membahas tentang antena patch vivaldi yang bekerja pada frekuensi 9.4 GHz dan antena ini didisain serta disimulasikan menggunakan perangkat lunak *Computer Simulation Technology (CST) Studio*.

II. METODE

A. Antena Vivaldi

Antena vivaldi merupakan salah satu jenis antena yang biasa digunakan pada teknologi radar [8]. Antena jenis ini dipilih karena memiliki beberapa keunggulan yang tidak dimiliki oleh antena mikrostrip lainnya, yaitu *bandwidth* yang sangat lebar [4] dan *gain* yang tinggi [1], [9], bahkan antena ini dapat beroperasi pada rentang frekuensi yang tak terbatas (*unlimited*) [10]. Hal tersebut yang menjadi keunikan tersendiri pada antena vivaldi karena mampu bekerja pada rentang frekuensi yang sangat luas. Antena jenis ini juga sering digunakan dalam pengembangan array karena mempunyai keunikan yaitu dimensi lateral yang kecil dan integrasi yang sederhana [11]. Selain memiliki *bandwidth* yang lebar dan *gain* yang tinggi, antena vivaldi juga memiliki direktivitas yang tinggi serta mampu memancarkan pola radiasi yang bentuknya simetris [11]. Disain tradisional vivaldi yang dirancang oleh Gibson dapat diamati pada gambar 1.



Gambar 1. Disain tradisional antena Vivaldi yang diperkenalkan oleh Gibson [6].

B. Radar Cuaca

Interaksi paling umum yang dimiliki banyak orang terkait dengan radar adalah radar cuaca. Kebanyakan ahli meteorologi televisi menggunakan keluaran radar cuaca sebagai bagian inti dari siaran mereka. Akibatnya, sebagian besar masyarakat umum sudah familiar dengan beberapa konsep dasar radar cuaca [12].

Radar cuaca digunakan setiap hari dalam berbagai aplikasi, seperti deteksi badai lokal yang parah, angin berbahaya, area curah hujan, dan perkiraan jumlah curah hujan. Pada dunia penerbangan, radar cuaca juga sangat bermanfaat, yakni mendeteksi potensi bahaya cuaca selama penerbangan. Radar cuaca juga berperan

dalam dunia militer, yakni sebagai acuan dalam membuat strategi dalam menjalankan aktivitas militer [12].

C. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain laptop, perangkat lunak CST Studio, papan PCB *double layer* FR-4, port SMA 50Ω *female*, paper antena vivaldi, solder, timah, dan data *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi antena.

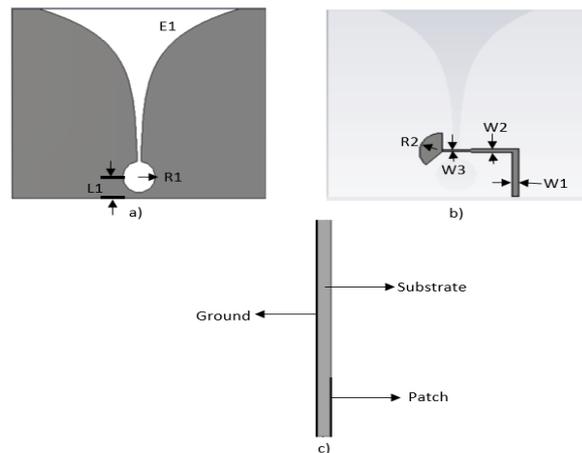
D. Alur Penelitian

1. Studi literatur.

Mengumpulkan semua data dari berbagai sumber referensi seperti buku, jurnal, artikel maupun sumber-sumber yang lain yang berkaitan dalam perancangan antena vivaldi ini.

2. Perancangan disain antena menggunakan perangkat lunak CST Studio.

Merencanakan dan merancang disain antena sesuai dengan yang direncanakan dan menentukan komponen-komponen yang diperlukan dalam penyusunan penelitian ini. Struktur disain antena vivaldi yang akan dimodifikasi dapat diamati pada gambar 2.



Gambar 2. Disain Antena Referensi a)Tampilan *Ground*; b)Tampilan *Patch*; c)Tampilan Samping.

Dalam perancangan tapered slot E1, menggunakan persamaan (2) [1] yang merupakan turunan dari persamaan (1) [13]:

$$y(x) = \pm Ae^{px} \quad (1)$$

Dimana y adalah setengah dari pemisahan slot dan x adalah posisi di sepanjang antena, A adalah setengah dari *opening width* W_{min} , dan p adalah tingkat kelancipan.

$$(E1) = \pm c1 \cdot \exp(r_{ex}1 \cdot x) \mp (c1 - c2) \quad (2)$$

Dimana $c1=0.16$, $r_{ex}1=0.18$, $c2=0.34$

Pada gambar 1 dapat dilihat tampilan disain antena vivaldi berdasarkan referensi (paper). Adapun rincian ukuran variabel pada disain antena di atas yaitu $W1=1$ mm, $W2=0,55$ mm, $W3=0,35$ mm, $L1=3,4$ mm, $R1=2,8$ mm, dan $R2=2,3$ mm.

3. Simulasi dan Analisa.

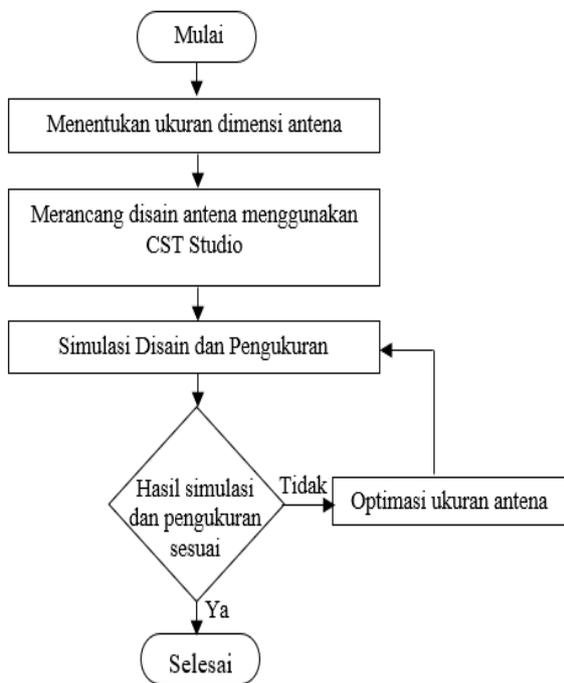
Melakukan pengujian dan analisa terhadap disain antena yang telah dirancang.

4. Fabrikasi dan Analisa

Melakukan pengukuran dan analisa terhadap disain antena yang telah difabrikasi.

E. Flowchart

Adapun diagram alur penelitian dapat diamati pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah studi parametrik, yakni proses yang dilakukan untuk mendapatkan parameter antena yang sesuai. Studi parametrik dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan *radiator* (*patch*) dan *groundplane* terhadap parameter-parameter antena yang ada. Studi parametrik dilakukan dengan menggeser *radiator* dan *groundplane* baik dengan cara menambah ataupun mengurangi dimensi antena.

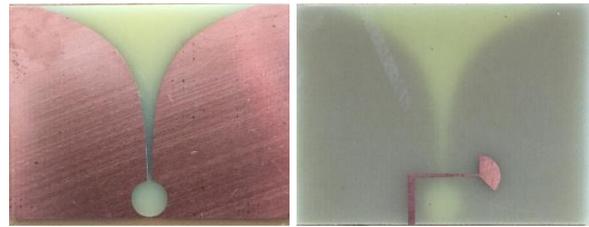
III. HASIL DAN DISKUSI

Setelah dilakukan studi parametrik dan pengamatan, maka didapat dimensi antena yang sudah dimodifikasi. Rincian perubahan dimensi antena hasil modifikasi dapat diamati pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan ukuran disain antara antena referensi dan antena hasil modifikasi

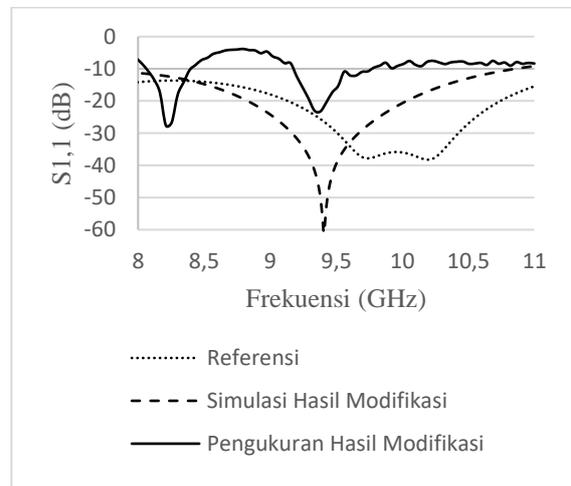
Disain	Dimensi (mm)	r_{ex1}	R1 (mm)	R2 (mm)
Antena Referensi	36 x 32 x 1	0,18	2,8	2,3
Antena Hasil Modifikasi	44 x 34 x 1	0,1847	2,8	3,2

Disain hasil modifikasi lalu difabrikasi ke papan PCB *double layer* FR-4. Hasil fabrikasi dapat diamati pada gambar 4.



Gambar 4. Antena hasil modifikasi yang sudah difabrikasi.

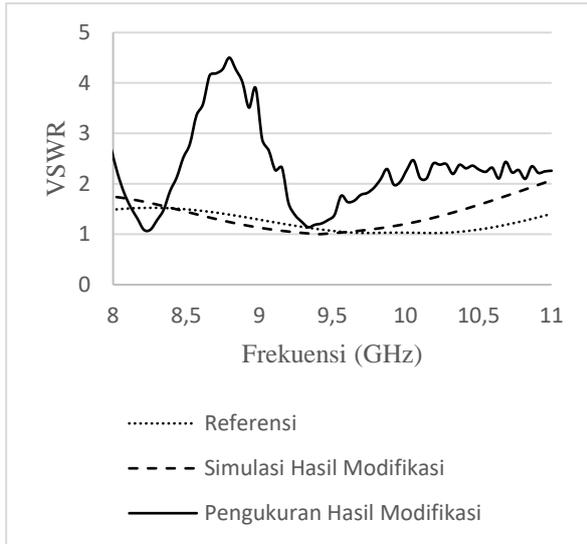
Setelah fabrikasi antena, dilakukan pengukuran *return loss*, *bandwidth*, *gain*, VSWR, dan pola radiasi. Perbandingan nilai parameter antena referensi, hasil modifikasi simulasi dan analisa dapat diamati pada gambar berikut. Perbandingan nilai *return loss* antena dapat diamati sebagaimana divisualisasikan pada gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan *return loss* dan *bandwidth* antena vivaldi konvensional referensi, simulasi dan pengukuran hasil modifikasi.

Berdasarkan gambar 5, dapat diamati bahwa nilai *return loss* terbaik pada frekuensi 9.4 GHz adalah pada simulasi antena hasil modifikasi, yaitu sebesar -61.15 dB. Sedangkan untuk nilai *bandwidth* yang paling optimal untuk radar cuaca (mendekati 400 MHz) yaitu pada pengukuran antena hasil modifikasi, dimana *bandwidth* yang dihasilkan sebesar 540 MHz.

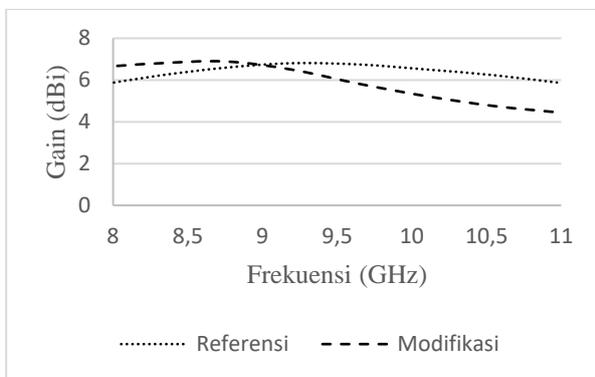
Selanjutnya grafik nilai VSWR antena referensi, simulasi hasil modifikasi dan pengukuran yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan nilai VSWR antena vivaldi konvensional referensi, simulasi dan pengukuran hasil modifikasi.

Berdasarkan gambar 6, dapat diamati bahwa nilai VSWR pada frekuensi 9.4 GHz bernilai baik, yakni $1 < VSWR < 2$. Adapun nilai ideal VSWR yaitu 1. Semakin nilainya mendekati 1, maka semakin baik kinerja antena. Adapun nilai VSWR terbaik diperoleh dari simulasi hasil modifikasi yakni sebesar 1.001751593 (mendekati 1).

Selanjutnya perbandingan nilai *gain* antena referensi dan modifikasi yang divisualisasikan pada gambar 7.



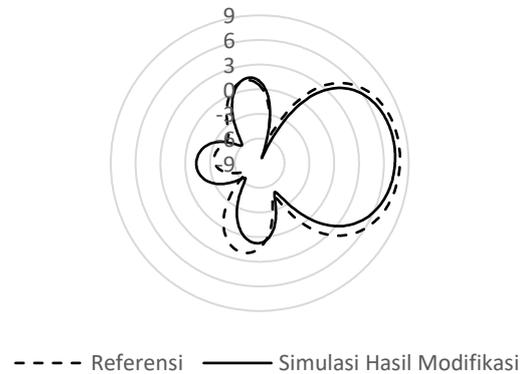
Gambar 7. Perbandingan nilai *gain* antena vivaldi konvensional referensi, simulasi dan pengukuran hasil modifikasi.

Untuk *gain* hasil pengukuran, ada 2 parameter yang diukur, yaitu P1 (daya keluar antena vivaldi) dan P2 (daya keluar antena referensi). Adapun persamaan untuk menghitung nilai *gain* antena adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 G \text{ (dBi)} &= [P1 \text{ (dB)} - P2 \text{ (dB)}] + 2.1 \text{ (dBd)} \\
 &= [-116.66 - (-118.55)] + 2.1 \\
 &= 3.99
 \end{aligned}$$

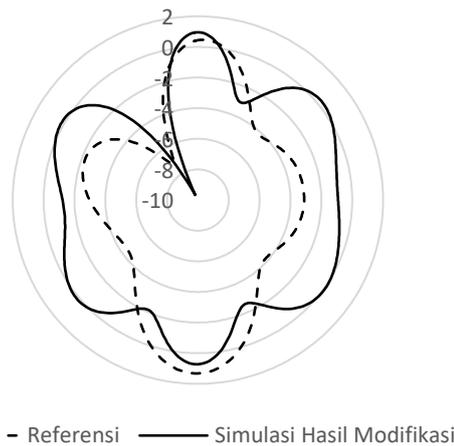
Berdasarkan gambar 7 dan perhitungan *gain* hasil pengukuran, dapat diamati bahwa nilai *gain* terbaik pada frekuensi 9.4 GHz dihasilkan oleh antena referensi, yaitu 6.7 dBi.

Berikutnya adalah pola radiasi. Perbandingan pola radiasi vertikal antena referensi dan simulasi hasil modifikasi dapat diamati pada gambar 8.



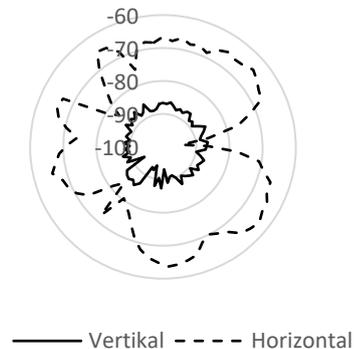
Gambar 8. Perbandingan pola radiasi vertikal antena vivaldi konvensional referensi dan simulasi hasil modifikasi.

Selanjutnya adalah perbandingan pola radiasi horizontal antena referensi dan simulasi hasil modifikasi sebagaimana divisualisasikan pada gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan pola radiasi horizontal antena vivaldi konvensional referensi dan simulasi dan pengukuran hasil modifikasi.

Perbandingan pola radiasi vertikal dan horizontal antena pengukuran hasil modifikasi dapat diamati pada gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan pola radiasi vertikal dan horizontal antena vivaldi konvensional pengukuran hasil modifikasi.

Berdasarkan gambar 8, 9, dan 10 dapat diamati bahwa pola radiasi yang dihasilkan oleh antena referensi, simulasi dan pengukuran hasil modifikasi adalah *unidirectional*, baik secara vertikal maupun horizontal. Artinya pola pancaran radiasi antena fokus ke satu titik dan tidak melebar. Lebar sempitnya *main lobe* pada pola radiasi juga akan berpengaruh terhadap nilai *gain* sebuah antena [13].

Detail perbandingan nilai parameter antena referensi, antena hasil modifikasi simulasi dan pengukuran dapat diamati pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan performansi antena vivaldi konvensional referensi, simulasi dan pengukuran hasil modifikasi pada frekuensi kerja radar cuaca (9.4GHz)

Nama Disain	Referensi	Hasil Modifikasi (Simulasi)	Hasil Modifikasi (Pengukuran)
Nama Disain	Referensi	Hasil Modifikasi (Simulasi)	Hasil Modifikasi (Pengukuran)
Return Loss (dB)	- 26.4055185 7	- 61.15953751	-23.25336989
Frekuensi Upper (GHz)	8	8	9.2
Frekuensi Lower (GHz)	11	10.8	9.7
Bandwidth (GHz)	3	2.8	0.5
Gain (dBi)	6.8	6.2	3.99
VSWR	1.10047100 9	1.001751593	1.188463357
Pola Radiasi Vertikal	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pengukuran dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu: telah dirancang antena vivaldi konvensional untuk penerapan pada radar cuaca (frekuensi kerja 9.4 GHz) dengan perangkat lunak *Computer Simulation Technology (CST) Studio*. Berdasarkan hasil simulasi, nilai *return loss* antena dipengaruhi oleh nilai r_{ex1} (*tapered slot*), R1 (*circular stub*), R2 (*radial stub*), panjang substrat, dan lebar substrat. Sedangkan nilai *gain* antena dipengaruhi oleh nilai r_{ex1} (*tapered slot*). Terdapat optimasi spesifikasi antena dari hasil modifikasi terhadap antena referensi, di antaranya pada nilai *bandwidth* (pada pengukuran), dimana *bandwidth* yang diharapkan yaitu mendekati 400 MHz dan tidak boleh terlalu lebar, sebagaimana syarat pada antena radar cuaca pada frekuensi kerja 9.4

GHz, serta nilai *return loss* (pada simulasi) dan *gain* (pada simulasi) yang lebih baik.

REFERENSI

- [1] D. Yang, S. Liu, and D. Geng, "A Miniaturized Ultra-Wideband Vivaldi Antenna With Low Cross Polarization," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 1–6, 2017.
- [2] Y. S. Amrullah, K. Paramayudha, and Y. Wahyu, "Enhancement performance tapered slot vivaldi antenna for weather radar application," *Proceeding - 2016 Int. Semin. Intell. Technol. Its Appl. ISITIA 2016 Recent Trends Intell. Comput. Technol. Sustain. Energy*, pp. 329–332, 2017, doi: 10.1109/ISITIA.2016.7828681.
- [3] M. Ahadi, J. Nourinia, C. Ghobadi, M. S. Ellis, and B. Mohammadi, "Compact Planar UWB Elliptical Vivaldi Antenna," *2019 IEEE 5th Conf. Knowl. Based Eng. Innov. KBEI 2019*, pp. 128–131, 2019, doi: 10.1109/KBEI.2019.8735010.
- [4] V. and M. K. Naydenko, "Vivaldi Coplanar-Antipodal Antennas," *2020 IEEE Ukr. Microw. Week*, pp. 121–125, 2020, doi: <https://doi.org/10.1109/UkrMW49653.2020.9252807>.
- [5] L. Ma, L. Guan, T. Li, Z. Fan, and R. Chen, "Ultra-wideband All-Metal Vivaldi Phased Array Antenna with Metal Baffles," *2018 Int. Appl. Comput. Electromagn. Soc. Symp. China, ACES-China 2018*, vol. 33, no. c, 2019, doi: 10.23919/ACCESS.2018.8669245.
- [6] P. J. Gibson, "Vivaldi Aerial," *Conf. Proc. - Eur. Microw. Conf.*, pp. 101–105, 1979, doi: 10.1109/euma.1979.332681.
- [7] F. Amelia, Y. G. Adhiyoga, F. Yuli Zulkifli, and E. T. Rahardjo, "Microstrip antenna design with dual linear polarizations for X-band weather radar applications," *Proc. - 2018 Int. Conf. Radar, Antenna, Microwave, Electron. Telecommun. ICRAMET 2018*, pp. 90–93, 2018, doi: 10.1109/ICRAMET.2018.8683910.
- [8] M. A. Saputra, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "Antena Vivaldi Antipodal Sirkular Ultra Wide-Band (Uwb) Untuk Radar Tembus Tembok," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2018*, pp. 1–10, 2018, [Online]. Available: jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek.
- [9] A. Kuriakose, T. A. George, and S. Anand, "Improved High Gain Vivaldi Antenna Design for Through-wall Radar Applications," *Proc. 2020 Int. Symp. Antennas Propagation, APSYM 2020*, pp. 58–61, 2020, doi: 10.1109/APSYP50265.2020.9350711.
- [10] A. Mehdipour, K. Mohammadpour-Aghdam, and R. Faraji-Dana, "Complete dispersion analysis of vivaldi antenna for ultra wideband applications," *Prog. Electromagn. Res.*, vol. 77, pp. 85–96, 2007, doi: 10.2528/PIER07072904.
- [11] W. T. Edwin, H. Wijanto, Y. Wahyu, P. Elektronika, L. Ilmu, and P. Indonesi, "Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Volume 4 Tahun 2019 ANTENA SUSUNAN VIVALDI PLANAR S-BAND AIRPORT SURVEILLANCE RADAR (ASR)," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 4, pp. 1–6, 2019.
- [12] W. L. Melvin and J. E. Scheer, *Principle of Modern Radar, 3 : Radar*. United States of America: SciTech Publishing, an imprint of the IET, 2014.

- [13] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, 4th ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016.