

ANALISIS POLA RADIASI 2-7 GHZ PADA PERANCANGAN DESAIN ANTENA ANTIPODAL VIVALDI

Syara Ila Firda, Vonna Lestari Dian Subianty, Haryo Dwi Prananto, Aditia Nur
Bakti

Universitas Pertahanan RI, Indonesia

Email: syaraphysics@gmail.com

Abstrak

Antena antipodal Vivaldi pada dasarnya cukup berbeda dengan antena konvensional biasa. Kemampuan antena ini dapat bekerja dengan spektrum frekuensi yang luas untuk menghasilkan pola radiasi yang lebih optimal. Penelitian ini memfokuskan frekuensi pada rentang 2-7 GHz. Perancangan desain antena antipodal Vivaldi ditentukan berdasarkan hasil perhitungan serta simulasi yang digunakan pada perangkat lunak CST Studio. Pada rentang frekuensi 2-7 GHz, terdapat tiga bentuk pola radiasi yang berbeda. Pada frekuensi rendah di 2 GHz menunjukkan *gain* yang rendah dengan pola radiasi *directional*. Sedangkan pada frekuensi menengah 3-4 GHz menunjukkan pola radiasi berbeda dimana nilai *S11* memperlihatkan transmisi antena bekerja dengan lebih optimal. Kemudian pada frekuensi tinggi pancaran sinyal memiliki *gain* tinggi yang menunjukkan energi radiasi terkonsentrasi ke satu arah utama, dengan radiasi minimal ke arah yang lain. Sehingga antena ini cocok untuk aplikasi yang memerlukan *gain* tinggi dalam satu arah tertentu.

Kata kunci: Antena Antipodal Vivaldi, pola radiasi, frekuensi, *gain*

Abstract

The antipodal Vivaldi antenna is fundamentally different from conventional antennas. This antenna has the capability to operate over a wide frequency spectrum, resulting more optimal radiation pattern. This study focuses on the frequency range of 2–7 GHz. The design of the antipodal Vivaldi antenna is determined based on calculations and simulations performed using CST Studio software. Within the 2–7 GHz frequency range, three distinct radiation patterns are observed. At low frequency of 2 GHz, the antenna exhibits low gain with a directional radiation pattern. In the mid-frequency range of 3–4 GHz, the radiation pattern changes, where the *S11* value indicates that the antenna transmission operates more optimally. At higher frequencies, the signal emission has a high gain, demonstrating that the radiation energy is concentrated in a primary direction with minimal radiation in other directions. Therefore, this antenna is suitable for applications requiring high gain in a specific direction.

Keywords: Antipodal Vivaldi Antenna, radiation pattern, frequency, *gain*.

*Correspondence Author: Syara Ila Firda
Email: syaraphysics@gmail.com



PENDAHULUAN

Antena Vivaldi, khususnya dalam konfigurasi antipodal, menjadi perhatian utama karena kemampuannya dalam beroperasi pada spektrum frekuensi yang luas serta menghasilkan pola radiasi yang optimal (Alhawari et al., 2021; Pramono et al., 2018). Sejak pertama kali diperkenalkan oleh P. J. Gibson (1979), antena ini telah mengalami berbagai inovasi desain guna meningkatkan performanya dalam berbagai aplikasi, termasuk radar penembus tanah dan sistem komunikasi nirkabel (Coburn, 2019; MARUDDANI et al., 2019). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola radiasi antena antipodal Vivaldi pada frekuensi 2-7 GHz, yang merupakan rentang frekuensi esensial dalam kategori *ultra-wideband* (UWB).

Desain antena antipodal Vivaldi memiliki ciri khas yang berbeda dari versi konvensional (Ahmed et al., 2023; Cabral et al., 2021; Mahendra et al., 2023; Suo et al.,

2016). Dengan konfigurasi dua sirip yang ditempatkan secara berlawanan pada substrat, desain ini dapat mengurangi impedansi input dan memudahkan pencocokan dengan garis umpan (Baranidharan et al., 2023; Dixit & Kumar, 2020). Selain itu, penggunaan struktur taper memungkinkan antenna ini memiliki *bandwidth* yang lebih lebar, sehingga meningkatkan kinerja radiasi pada frekuensi yang lebih tinggi. Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa modifikasi desain antenna, seperti penerapan slot dan teknik *tapering*, dapat secara signifikan memengaruhi pola radiasi serta gain antenna (Sreenivasa Rao & Rajasekar, 2019). Oleh karena itu, analisis lebih mendalam terhadap pola radiasi antenna antipodal Vivaldi dalam rentang frekuensi yang telah ditentukan menjadi suatu hal yang penting.

Kajian terhadap pola radiasi antenna antipodal Vivaldi pada frekuensi 2-7 GHz tidak hanya bertujuan untuk memahami karakteristik radiasi antenna, tetapi juga mengeksplorasi potensi penerapannya (F. Yang et al., 2007; H. Yang et al., 2022; Zhao & Wang, 2018). Dalam sistem radar, antenna ini berpotensi digunakan untuk mendeteksi objek dengan akurasi tinggi, sedangkan dalam bidang komunikasi, desain ini mampu mendukung transmisi data yang lebih cepat dan efisien. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap pengembangan lebih lanjut dari antenna Vivaldi serta aplikasinya dalam teknologi modern.

Meskipun banyak studi sebelumnya telah meneliti desain dan karakteristik antenna Vivaldi, terdapat beberapa kekurangan signifikan yang perlu diatasi. Pertama, banyak penelitian yang masih terbatas pada simulasi dengan frekuensi rendah dan tidak mengeksplorasi dampak frekuensi yang lebih tinggi pada pola radiasi dan gain antenna. Kedua, penelitian yang ada sering kali tidak mempertimbangkan variabilitas lingkungan dan aplikasi spesifik yang dapat mempengaruhi kinerja antenna, seperti interferensi elektromagnetik dan perubahan kondisi atmosfer. Ketiga, belum ada penelitian yang secara komprehensif menghubungkan hasil simulasi dengan aplikasi nyata dalam bidang telekomunikasi dan sistem radar, yang merupakan area dengan permintaan tinggi untuk antenna berkinerja tinggi.

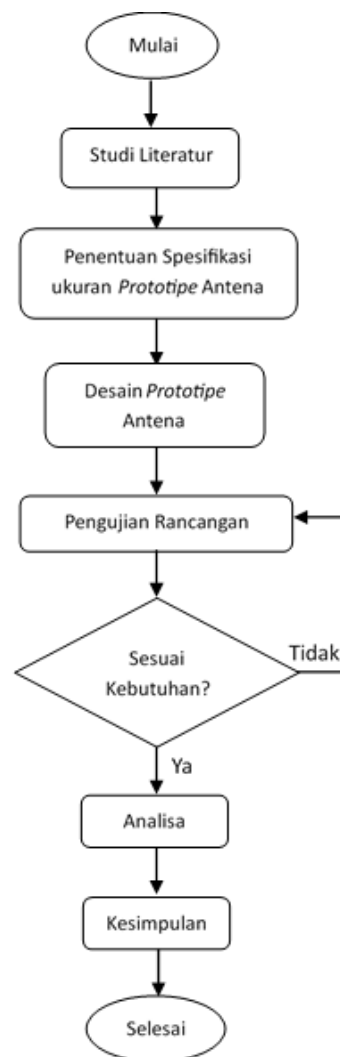
Penelitian ini memperkenalkan pendekatan sistematis yang inovatif dalam menganalisis pola radiasi antenna antipodal Vivaldi dengan memanfaatkan simulasi CST Studio. Dengan mengeksplorasi karakteristik radiasi pada frekuensi tinggi yang belum banyak diteliti, penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan baru tentang kinerja antenna dalam rentang frekuensi tersebut. Selain itu, melalui optimasi desain adaptif, penelitian ini akan mengembangkan model antenna yang tidak hanya efisien secara teknis, tetapi juga responsif terhadap kebutuhan aplikasi praktis, dengan menganalisis berbagai parameter desain untuk meningkatkan gain dan pola radiasi. Penelitian ini juga akan mengaitkan hasil simulasi dengan studi kasus aplikasi nyata di bidang telekomunikasi dan radar, memberikan gambaran yang lebih jelas tentang implementasi desain antenna dalam situasi dunia nyata, serta tantangan dan solusi yang mungkin muncul. Selain itu, faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja antenna, seperti interferensi dan kondisi atmosfer, akan dipertimbangkan, sehingga menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang bagaimana antenna antipodal Vivaldi dapat beroperasi dalam berbagai kondisi.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi dan menganalisis pola radiasi antenna antipodal Vivaldi menggunakan simulasi di CST Studio, dengan fokus pada optimasi desain untuk aplikasi praktis. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan

model antenna yang tidak hanya memiliki kinerja tinggi dalam hal gain dan efisiensi, tetapi juga dapat diadaptasi untuk berbagai kondisi lingkungan dan frekuensi yang berbeda. Manfaat dari penelitian ini sangat beragam; pertama, hasilnya diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi para peneliti dan insinyur dalam pengembangan antenna, khususnya dalam konteks aplikasi telekomunikasi dan sistem radar. Kedua, penelitian ini akan menyajikan rekomendasi desain yang konkret dan berbasis data, yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja antenna dalam implementasi nyata. Selain itu, dengan mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan, penelitian ini akan memberikan panduan yang lebih komprehensif bagi industri dalam merancang antenna yang robust dan efisien, sehingga dapat mendukung inovasi teknologi yang lebih lanjut di bidang komunikasi dan pemantauan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini membahas mengenai pendekatan yang digunakan dalam mengerjakan desain antenna antipodal Vivaldi dengan melakukan beberapa langkah yang ditunjukkan dalam diagram alur penelitian berikut ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap paling awal dari penelitian ini berupa pemahaman mengenai studi literatur yang sesuai dengan penelitian terdahulu dimana hal tersebut membantu dalam menentukan spesifikasi ukuran yang dapat digunakan pada penelitian ini. Menurut Maruddani et al., (2019) panjang dimensi antena dapat sama dengan atau lebih besar dari panjang gelombang untuk frekuensi kerja terendah dan lebar antena dapat bekerja lebih besar atau sama dengan setengah panjang gelombang pada frekuensi terendah.

Hal ini dapat menentukan ukuran desain yang sesuai untuk prototipe antena antipodal Vivaldi dengan menggunakan perhitungan yang tepat berdasarkan persamaan yang ada, yang selanjutnya akan dikembangkan menjadi:

$$W = L = A = B = \frac{c}{2f1} \sqrt{\frac{2}{(\epsilon_r + 1)}}$$

$$R_1 = \frac{W}{2} + \frac{wf}{2}$$

$$R_2 = \frac{W}{2} - \frac{wf}{2}$$

$$Lf = \frac{\lambda_g}{4}$$

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}}$$

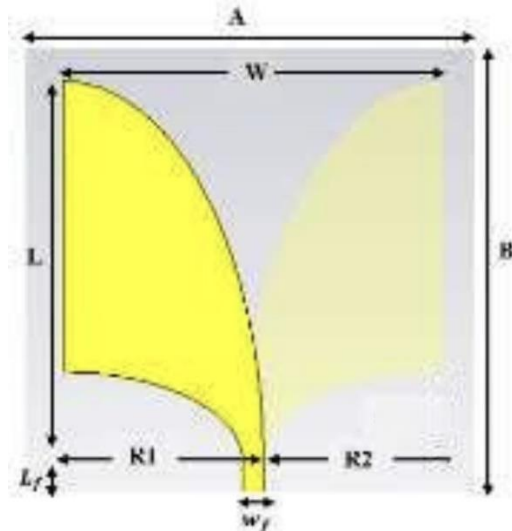
Penentuan wf menggunakan persamaan berikut

$$Wf = \frac{120\pi}{\epsilon_r} \frac{h}{Z_0}$$

Sehingga didapat ukuran dalam perancangan desain antena antipodal Vivaldi sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran perancangan desain antena

Parameter	Nilai
W	91.287 mm
L	91.287 mm
Wf	5.74 mm
Lf	7.150mm
R₁	48.517 mm
R₂	42.763mm
h	1.6 mm

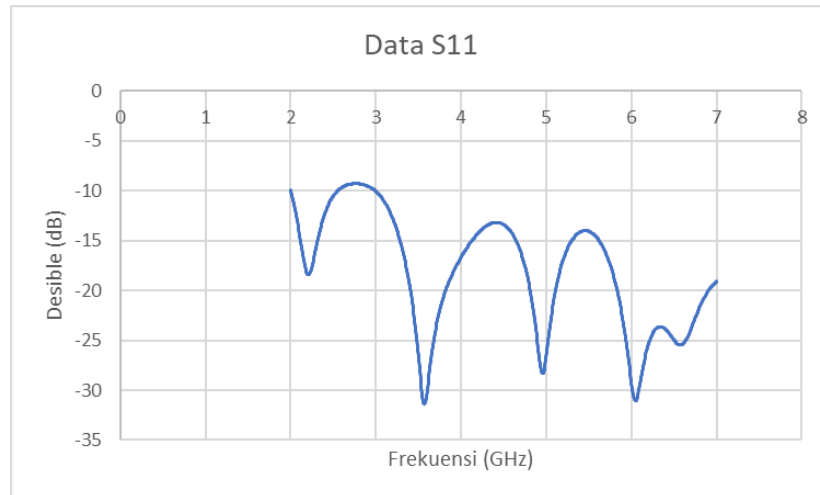


Gambar 2. Perancangan Desain Antipodal Vivaldi

Tahapan berikutnya berupa pengujian rancangan desain tersebut dengan menggunakan perangkat lunak CST Studio. Pengujian menggunakan perangkat lunak ini berfungsi untuk mengetahui efisiensi antenna yang telah dibuat. Bahan yang digunakan untuk desain antenna antipodal Vivaldi menggunakan lembaran tembaga dan FR-4, dalam simulasi FR-4 digunakan untuk *substrat* dan tembaga digunakan untuk *patch*. Pada tahapan ini dilakukan uji S-Parameter yang sangat penting untuk mengevaluasi efisiensi antenna serta memahami kinerja port secara mendalam. Kemudian uji pola radiasi yang dilakukan untuk menggambarkan distribusi sinyal yang dipancarkan atau diterima oleh antenna di ruang bebas. Selain itu, pola radiasi ini juga digunakan untuk melihat bagaimana antenna memfokuskan radiasinya, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai arah dan intensitas sinyal yang dihasilkan atau diterima oleh antenna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

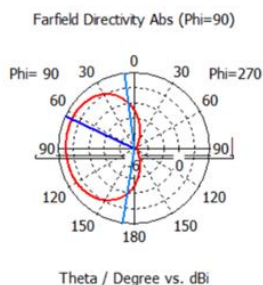
Scattering Parameters atau biasa yang disebut dengan S-Parameter adalah indikator yang digunakan untuk menganalisa seberapa besar daya yang bisa dipantulkan dari antenna dan dinyatakan dengan *return loss* pada frekuensi yang ditentukan (Jastram & Filipovic, 2014; Nurhayati et al., 2016). *Return loss* (S11) mewakili kesesuaian antara antenna dan saluran transmisi. *Return loss* merupakan perbandingan daya yang dipantulkan kembali ke antenna terhadap daya yang ditransmisikan, sehingga dapat dikatakan bahwa suatu antenna memiliki kinerja baik jika nilai $S_{11} \leq -10$ dB.



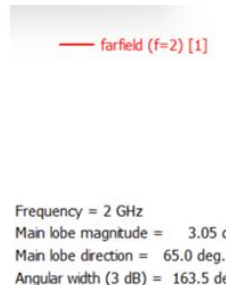
Gambar 3. Return Loss Hasil Simulasi Antena Antipodal Vivaldi

Proses simulasi dilakukan untuk memperoleh parameter performa antenna yang dirancang, sehingga kemampuan antenna sudah dapat diprediksi sebelum tahap fabrikasi. Agar frekuensi kerja sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan, nilai return loss dalam rentang frekuensi 2 GHz – 4 GHz harus berada di bawah -10 dB. Pada gambar 3, memperlihatkan hasil nilai return loss yang sesuai dengan yang diharapkan. Semakin tinggi nilai S11 maka semakin besar sinyal pantulan yang diterima oleh pemancar, yang dapat menyebabkan ketidakstabilan. Sebaliknya, jika nilai $S_{11} \leq -10$ dB, antenna dapat mentransmisikan sinyal dengan lebih optimal. Pada data tersebut, nilai yang paling optimal berada pada frekuensi 3.572 GHz dengan nilai S11 sebesar -31,41 dB. Selain itu, sinyal yang bekerja secara optimal juga berada pada frekuensi 6.05 GHz dengan nilai S11 sebesar -31.051293 dB dan di frekuensi 4.958 GHz dengan nilai S11 yaitu -28.34303 dB.

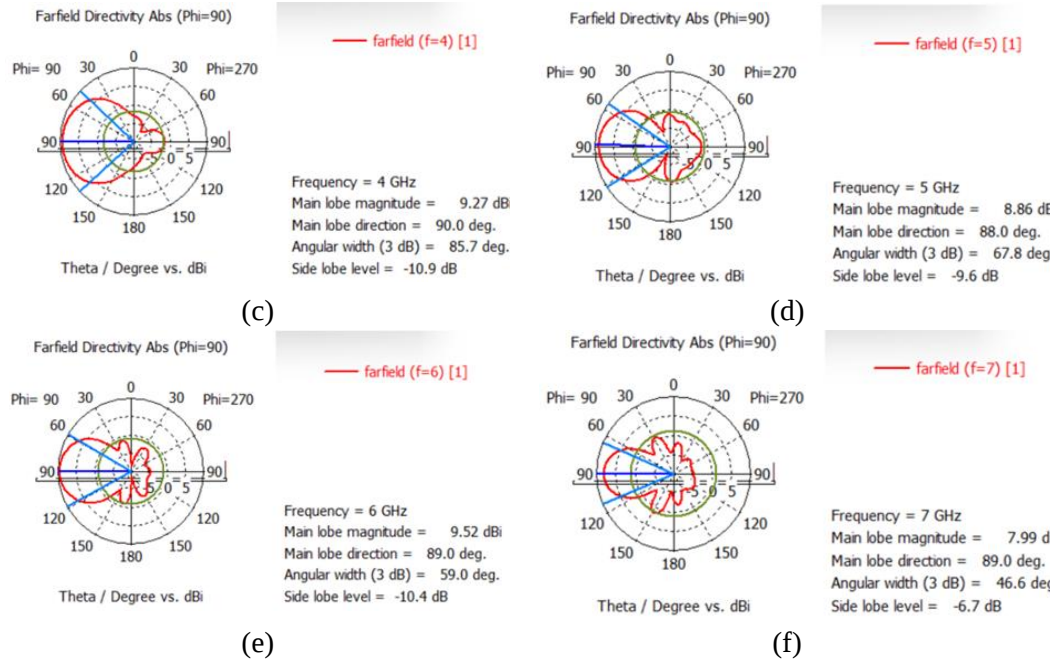
Pola radiasi adalah representasi grafis yang menunjukkan respons radiasi antenna sebagai fungsi dari koordinat tiga dimensi. Pola ini digunakan untuk menggambarkan arah serta intensitas radiasi yang dipancarkan oleh antenna. Pengukuran pola radiasi dilakukan di medan yang jauh dan divisualisasikan dalam bentuk koordinat arah (Noval et al., 2023). Pada Gambar 4 terlihat hasil pola radiasi pada antenna antipodal Vivaldi. Berdasarkan pengujian pada enam titik frekuensi dalam rentang 2 – 7 GHz, pola radiasi yang terukur menunjukkan karakteristik yang berbeda-beda.



(a)



(b)



Gambar 4. Pola Radiasi Antena Antipodal Vivaldi pada Frekuensi (a) 2 GHz; (b) 3 GHz; (c) 4 GHz; (d) 5 GHz; (e) 6 GHz; (f) 7 GHz)

Pada frekuensi rendah 2 GHz (Gambar 4.a), pola radiasi antena Vivaldi memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan frekuensi yang lebih tinggi. Beberapa penelitian telah membahas antena Vivaldi yang dirancang untuk beroperasi dalam kisaran 1 GHz hingga 2 GHz, menunjukkan bahwa pada frekuensi ini, pola radiasi cenderung lebih lebar dengan gain yang lebih rendah dibandingkan pada frekuensi yang lebih tinggi. Sedangkan, pada penelitian ini, pola radiasi di frekuensi 2 GHz bersifat *directional* dengan *half power beamwidth* (HPWB) sebesar 163.5° dengan menunjukkan gain yang lebih rendah sebesar 3.05 dB. *Main lobe* merupakan area dengan pola pancar radiasi gelombang elektromagnetik paling besar, atau dapat dikatakan juga sebagai *gain*.

Memasuki frekuensi menengah (3-4 GHz), pola radiasi mulai mengalami perubahan yang signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa pada frekuensi ini, antena Vivaldi mulai menunjukkan peningkatan gain dan pola radiasi yang lebih terarah. Hal ini diperkuat dengan efektivitas yang tinggi dalam transmisi data yang ditunjukkan dalam banyak penelitian terkait (Noval et al., 2023). Pada frekuensi yang lebih tinggi (5-7 GHz), karakteristik radiasi menjadi lebih menentukan, di mana beamwidth yang sempit sangat diperlukan untuk meminimalkan interferensi dari sumber sinyal lain serta meningkatkan kualitas sinyal. Pola radiasi pada rentang frekuensi ini bersifat *bidirectional* dengan nilai HPBW berturut-turut sebesar 67.8° , 59° , dan 46.6° . Nilai HPBW yang semakin rendah menunjukkan *gain* antena yang lebih tinggi sehingga bisa memancarkan sinyal yang lebih jauh, sehingga pancaran dapat lebih terfokuskan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan desain serta simulasi yang dilakukan, antena antipodal Vivaldi yang beroperasi dalam rentang frekuensi 2 – 7 GHz menunjukkan karakteristik pola radiasi yang bervariasi. Pada frekuensi yang lebih rendah, area pancaran

sinyal semakin luas, tercermin dari nilai half power beamwidth (HPWB) sebesar 163,50 derajat. Di frekuensi menengah, nilai parameter S11 menunjukkan optimalisasi transmisi sinyal yang lebih baik, dengan frekuensi 3,572 GHz mencapai -31,41 dB. Sementara itu, pada frekuensi tinggi, pancaran sinyal menghasilkan gain tertinggi sebesar 9,52 dB, menunjukkan konsentrasi energi radiasi ke satu arah utama dan radiasi minimal ke arah lain. Hasil ini menegaskan bahwa antenna antipodal Vivaldi sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan gain tinggi dalam satu arah tertentu. Desain ini mampu mencapai rentang frekuensi yang luas dengan karakteristik pola radiasi yang dapat diandalkan, yang menjadi penting dalam aplikasi ultra-wideband (UWB) sebagaimana disampaikan oleh Pramono et al. (2018) dan Saputra et al. (2018). Penelitian ini juga menyoroti keunggulan teknik antenna antipodal Vivaldi dalam menyediakan bandwidth yang lebih tinggi dibandingkan antenna konvensional lainnya, menekankan keberhasilan desain dalam memenuhi tuntutan aplikasi teknologi modern yang memerlukan efisiensi tinggi dalam pengiriman dan penerimaan sinyal. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan antenna antipodal Vivaldi dengan pemahaman mendalam terhadap pola radiasi tidak hanya berkontribusi pada teknik desain, tetapi juga membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut dalam menciptakan antenna yang lebih inovatif guna memenuhi kebutuhan teknologi yang terus berkembang.

BIBLIOGRAFI

- Ahmed, S., Joret, A., Katiran, N., Liew Abdullah, M. F., Zakaria, Z., & Sulong, M. S. (2023). Ultra-wide band antipodal Vivaldi antenna design using target detection algorithm for detection application. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(4). <https://doi.org/10.11591/eei.v12i4.5081>
- Alhawari, A. R. H., Saeidi, T., Alkawgani, A. H. M., Hindi, A. T., Alghamdi, H., Alsuwian, T., Awwad, S. A. B., & Imran, M. A. (2021). Wearable metamaterial dual-polarized high isolation uwb mimo vivaldi antenna for 5g and satellite communications. *Micromachines*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/mi12121559>
- Baranidharan, V., Dharun, M., Dinesh, K., Dhinesh, K. R., Titiksha, V., & Vidhyavarshini, R. (2023). A Survey of Antipodal Vivaldi Antenna Structures for Current Communication Systems. In *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies* (Vol. 131). https://doi.org/10.1007/978-981-19-1844-5_16
- Cabral, D. S., Manera, L., Zoccal, L. B., Ferreira, D. B., & Prudenzeno, F. (2021). Design of an antipodal vivaldi antenna focusing on constructional aspects. *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*, 20(4). <https://doi.org/10.1590/2179-10742021V20I41270>
- Coburn, W. (2019). Single Layer Vivaldi Antenna Feed Analysis. *2019 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium in Miami, ACES-Miami 2019*.
- Dixit, A. S., & Kumar, S. (2020). A Survey of Performance Enhancement Techniques of Antipodal Vivaldi Antenna. In *IEEE Access* (Vol. 8). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2977167>
- Jastram, N., & Filipovic, D. S. (2014). PCB-based prototyping of 3-D micromachined RF subsystems. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 62(1).

<https://doi.org/10.1109/TAP.2013.2287899>

- Mahendra, D., Hakim, R. I., & Endarko, E. (2023). Design of Antipodal Vivaldi Antenna for Medical Imaging Application. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 13(2). <https://doi.org/10.26740/jpfa.v13n2.p132-145>
- Maruddani, B., Efri Sandi, E. S., & Naufal Salam, M. F. (2019). Perancangan dan Optimasi Antena Vivaldi pada Sistem Radar Penembus Permukaan (Ground Penetrating Radar). *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(1). <https://doi.org/10.26760/elkomika.v7i1.151>
- Noval, M. A., Nurhayati, N., Anifah, L., & Tjhayaningtjas, H. P. A. (2023). Desain Antena Vivaldi Coplanar Wibeband Untuk Aplikasi Through-Wall Radar (TWR). *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 12(1). <https://doi.org/10.26740/jte.v12n1.p9-18>
- Nurhayati, Setijadi, E., & Hendranto, G. (2016). Comparison study of S-Band Vivaldi-based antennas. *Proceedings - 2016 IEEE Region 10 Symposium, TENSYP 2016*. <https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2016.7519402>
- Pramono, S., S., B. B., & Hariyadi, T. (2018). Modified Ultra Wideband (UWB) Antipodal Vivaldi Antenna for 5. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 8(5). <https://doi.org/10.11591/ijece.v8i5.pp3067-3075>
- Sreenivasa Rao, B. M. S., & Rajasekar, B. (2019). Improvement of antipodal vivaldi antenna performance for wireless application. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(1). <https://doi.org/10.35940/ijitee.A4957.119119>
- Suo, Y., Li, W., & Chen, J. (2016). A SIW antipodal Vivaldi array antenna design. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/9280234>
- Yang, F., Rahmat-Samii, Y., & Kishk, A. (2007). Low-profile patch-fed surface wave antenna with a monopole-like radiation pattern. *IET Microwaves, Antennas and Propagation*, 1(1). <https://doi.org/10.1049/iet-map:20050290>
- Yang, H., Liu, X., & Fan, Y. (2022). Design of Broadband Circularly Polarized All-Textile Antenna and Its Conformal Array for Wearable Devices. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 70(1). <https://doi.org/10.1109/TAP.2021.3098542>
- Zhao, C., & Wang, C. F. (2018). Characteristic Mode Design of Wide Band Circularly Polarized Patch Antenna Consisting of H-Shaped Unit Cells. *IEEE Access*, 6. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2828878>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).