

VALIDASI KARAKTERISTIK PADA ANTENA COPLANAR VIVALDI 27 GHZ DENGAN TEKNIK SCALING DOWN KE 2,7 GHZ

CHARACTERISTIC VALIDATION OF 27 GHZ COPLANAR VIVALDI ANTENNA BY SCALING DOWN TECHNIQUE TO 2.7 GHZ

Mardaputri Rannu Pairunan^[1], Dr.Ir. Heroe Wijanto,M.T^[2], Dr.Ir.Yuyu Wahyu,M.T^[3]

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

^[3]PPET-LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

mardaputrirannu@gmail.com, heroe.wijanto@gmail.com, yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Teknologi LTE yang dikenal sebagai 4G akan dilanjutkan dengan teknologi 5G untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang terus berkembang. Teknologi 5G dialokasikan pada frekuensi 27,5 GHz sampai 28,35 GHz. Antena vivaldi yang diciptakan oleh Gibson pada tahun 1979^[1] merupakan antena yang memiliki beamwidth lebar dan mampu bekerja pada frekuensi 27 GHz. Pada pengukuran antena di frekuensi tinggi dibutuhkan teknik penskalaan. Teknik penskalaan merupakan suatu teknik yang dapat dilakukan untuk melaksanakan pengukuran antena yang berhubungan dengan struktur yang sangat besar. Teknik ini sangat dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang sesuai, seperti pola radiasi, *return loss* serta *vswr* dengan pengaturan pengukuran frekuensi yang lebih terjangkau. Pada tugas akhir ini, dirancang dan direalisasikan proses pengecilan skala antena co-planar vivaldi di frekuensi 27 GHz yang ditujukan untuk mengukur resonansi yang diinginkan dimana ditetapkan pada frekuensi 2,7 GHz dengan menggunakan bahan *Duroid Rogers 4003C* ($\epsilon_r=3,55$ dan $h=0,813$ mm). Dari hasil simulasi melalui *CST Microwave Suite 2017* dan hasil realisasinya diperoleh kesebandingan kedua frekuensi dengan nilai $vswr \leq 1,1$; *return loss* ≤ -10 dB serta Pola radiasi *uni-directional*

Kata kunci : antena vivaldi, teknik scaling down.

Abstract

LTE technology known as 4G will be continued with 5G technology to meet the needs of a growing community. The 5G technology is allocated at frequency of 27.5 GHz to 28.35 GHz. The vivaldi antenna created by Gibson in 1979 is an antenna that has wide beamwidth and is capable of working at a frequency 27 GHz. In antenna measurement at high frequency scaling technique is required. Scaling technique is a technique that can be done to carry out antenna measurements associated with very large structures. This technique is needed to get the appropriate results, such as radiation pattern, return loss and *vswr* with a more affordable frequency measurement setting. In this final project, we designed and realized the process of variance of co-planar vivaldi antenna at 27 GHz frequency which is intended to measure the desired resonance which is set at 2.7 GHz frequency using *Duroid Rogers 4003C* ($\epsilon_r = 3,55$ and $h = 0,813$ mm). From the simulation results through *CST Microwave Suite 2017* and the realization results obtained the comparison of two frequencies with the value of $vswr \leq 1,1$; return loss ≤ -10 dB and uni-directional radiation pattern.

Keywords: vivaldi antenna, scaling down technique.

1. Pendahuluan

Untuk dewasa ini teknologi LTE masih dianggap belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia akan pertukaran informasi yang cepat, sehingga diciptakan teknologi generasi selanjutnya yang disiapkan untuk melengkapi teknologi LTE^[2]. Frekuensi yang dipilih pada teknologi tersebut yaitu 27 GHz sampai dengan 28,35 GHz karena pada frekuensi tersebut merupakan frekuensi yang direncanakan untuk penggunaan komunikasi bergerak^[3].

Pengukuran di frekuensi tinggi membutuhkan metode penskalaan guna merealisasikan antenna yang akan dirancang. Teknik penskalaan yaitu suatu teknik yang dapat dilakukan untuk melaksanakan pengukuran antenna yang berhubungan dengan struktur yang sangat besar. Dengan adanya metode ini akan sangat mudah untuk mendapatkan hasil yang sesuai seperti hasil pola radiasi, *return loss* serta *vswr* dengan pengaturan ke frekuensi yang lebih terjangkau.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian bahwa akan dirancang dan direalisasikan sebuah antenna vivaldi di frekuensi 27 GHz dengan metode pembesaran skala yang ditujukan untuk mengukur resonansi yang diinginkan dimana ditetapkan di frekuensi 2,7 GHz.

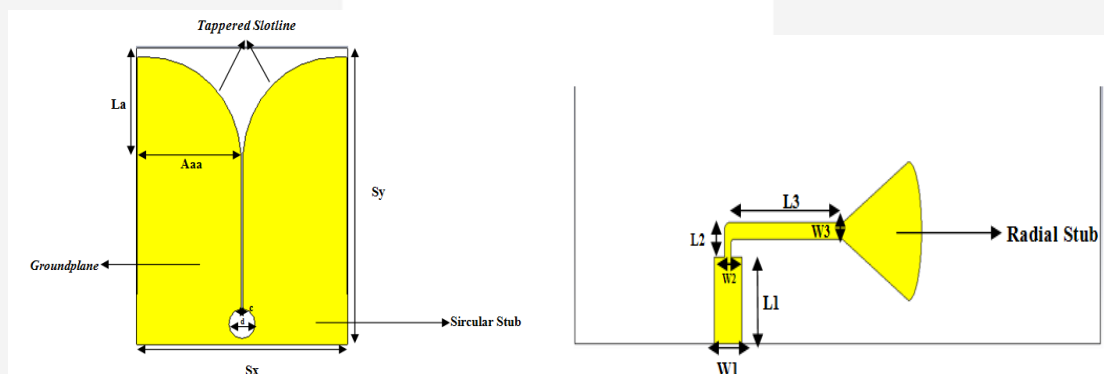
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Frekuensi 27 GHz untuk Komunikasi LTE

Pemerintah menetapkan frekuensi di 2,1 GHz dan 2,3 GHz untuk jaringan bergerak seluler di Indonesia. Namun untuk dewasa ini, teknologi ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat yang menginginkan pertukaran informasi yang cepat sehingga para peneliti menganalisis frekuensi 27 GHz karena dianggap spectrum frekuensi milimeterwave yang kurang dimanfaatkan sehingga memiliki bandwidth yang besar.^{[3][5]}

2.2 Antena Vivaldi

Antena vivaldi diciptakan oleh Gibson pada tahun 1979 dan memiliki bandwidth yang lebar sehingga frekuensi kerjanya pun luas. Antena vivaldi merupakan antenna khusus dari Tapered Slot Antena (TSA) dengan bentuk exponential atau biasa dikenal dengan istilah Exponentialy Tapered Slot Antena (ETSA)^{[1][6]}. Berikut merupakan struktur dari antenna vivaldi :



Gambar 2.1 Struktur Antena Vivaldi Tampak Depan **Gambar 2.2** Struktur Antena Vivaldi Tampak Belakang

Struktur groundplane pada antenna vivaldi terdiri dari taperd slotline dan circular stub, serta pada bagian patch yang berbentuk 1/8 lingkaran dan feedline. Antena vivaldi pada penelitian kali ini merupakan antenna vivaldi jenis co-planar dimana antenna jenis ini memiliki 2 slot meruncing di sisi yang sama dari substrat dielektrik.

Persamaan Eksponensial Antena Vivaldi ^[6] :

$$y = C_1 e^{RX} + C_2$$

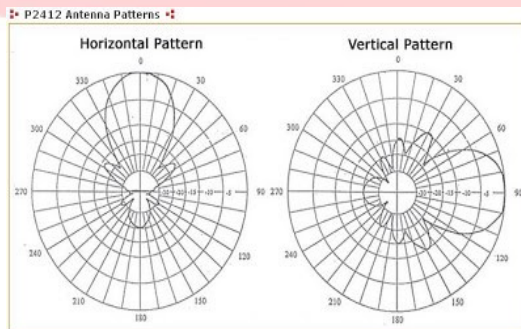
Dimana :

$$C_1 = \frac{y_2 - y_1}{e^{RX2} - e^{RX1}} \quad C_2 = \frac{y_1 e^{RX2} - y_2 e^{RX1}}{e^{RX2} - e^{RX1}} \quad (2.1)$$

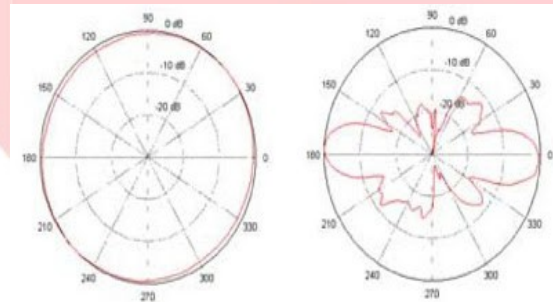
2.3 Parameter Antena Yang Digunakan

2.3.1 Pola Radiasi^[7]

Pola radiasi antena atau pola antena didefinisikan sebagai fungsi matematik atau representasi grafik dari sifat radiasi antena sebagai fungsi dari koordinat. Pola radiasi di bagi atas pola unidirectional dan omnidirectional. Antena uni-directional mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang relative jauh sedangkan antena omni-directional pada umumnya mempunyai pola radiasi 360° jika dilihat pada bidang medan magnetnya.



Gambar 2.4 Bentuk Pola Radiasi Antena Uni-directional



Gambar 2.5 Bentuk Pola Radiasi Antena Omni-Directional

2.3.2 Return Loss

Return loss merupakan amplitudo dari gelombang yang dipantulkan (direfleksikan) dibandingkan dengan amplitudo gelombang yang telah dikirimkan. Return loss terjadi karena antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (mismatched), hal inipun menyebabkan besar dari return loss bervariasi tergantung frekuensinya.

$$RL(\text{dB}) = 20 \log \Gamma \quad (2.2)$$

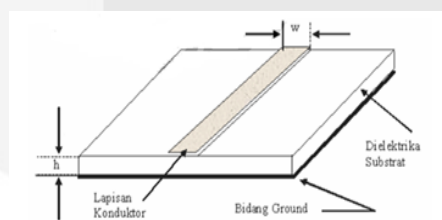
2.3.3 VSWR

Vswr yaitu perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum dengan minimum. Nilai vswr yang paling ideal yaitu ketika bernilai 1, hal ini dianggap ideal karena pada kondisi tersebut tidak ada pantulan sinyal yang terjadi sehingga saluran dalam keadaan matched sempurna. Dan nilai vswr yang paling maksimal yang dapat ditoleransi yaitu 2.

$$VSWR = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.4)$$

2.4 Teknik Pencatutan dan Penyepadanan Impedansi

Teknik mikrostrip line, yaitu suatu teknik yang dilakukan dengan cara menghubungkan saluran transmisi dengan patch dan dimana patch serta saluran transmisi menggunakan substrat yang sama.



Gambar 2.6 Teknik Pencatutan Mikrostrip Line

$$B = \frac{60 \pi^2}{50 \sqrt{3,55}} = 6,279$$

(2.6)

$$w_1 = \frac{2 \times 0,813}{\pi} \left[6,279 - 1 - \ln(2 \times 6,279 - 1) + \frac{3,55 - 1}{2 \times 3,55} \left[\ln(6,279 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{3,55} \right] \right]$$

$$l_1 = 1,813 \text{ mm} \quad (2.5)$$

- Untuk frekuensi 2,7 GHz

$$\lambda_g = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2,7 \times 10^9 \text{ Hz} \sqrt{2,472}} = 0,071 \text{ mm} \quad (2.6)$$

$$l_1 = 0,25 \times 0,071 \text{ mm} = 0,0177 \text{ mm} \quad (2.7)$$

- Untuk frekuensi 27 GHz

$$\lambda_g = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{27 \times 10^9 \text{ Hz} \sqrt{2,472}} = 0,0071 \text{ mm}$$

$$l_1 = 0,25 \times 0,0071 \text{ mm} = 0,00177 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{3,55 + 1}{2} + \frac{3,55 - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12 \times 0,813 \text{ mm}}{1,813 \text{ mm}}}} \right] = 2,474$$

2.4 Teknik Penskalaan Dimensi Antena

Teknik penskalaan merupakan salah satu teknik pengukuran antena. Teknik ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh peningkatan performa antena yang signifikan. Pada penelitian ini dilakukan proses penskalaan ukuran sebesar 10 kali terhadap ukuran dimensi antena.

2.5 Instrumen Perancangan dan Pengukuran^[9]

Dalam perancangan antena vivaldi, software yang digunakan yaitu CST Microwave Studio 2017. Interface CST Microwave Studio (MWS) merupakan salah satu tools yang terdapat pada CST Studio Suite 2017 yang banyak digunakan dalam mendesain perangkat yang berhubungan dengan gelombang elektromagnetik (EM) terutama pada antena dan filter yang bekerja pada frekuensi tinggi. Kelebihan yang dimiliki oleh software CST MWS di antaranya adalah antarmuka yang mudah dimengerti sehingga cocok digunakan sebagai program simulasi pembelajaran bagi pemula maupun yang sudah berpengalaman.

Pengujian kinerja antena bisa menggunakan perangkat keras yang disebut sebagai Vector Network Analyzer. Parameter yang diukur menggunakan VNA ini adalah parameter S_{11} (*return loss*) dan $VSWR$.

Signal generator umumnya digunakan untuk menentukan atau menguji coba terhadap sebuah rangkaian salah satunya yaitu antena. Dalam penelitian ini, signal generator digunakan pada saat pengukuran parameter pola radiasi.

3. Perancangan dan Simulasi

3.1. Pendahuluan

Perancangan ini dilakukan guna untuk memudahkan simulasi antena agar antena yang dirancang sesuai dengan spesifikasi kebutuhan. Antena yang dibahas pada tugas akhir ini yaitu antena vivaldi yang berfrekuensi tinggi (27 GHz) akan diresonansikan ke frekuensi rendah (2,7 GHz) dengan menggunakan teknik scaling-down. Antena ini dirancang untuk diaplikasikan pada teknologi LTE. Penelitian kali ini melakukan tahap perancangan dengan menentukan terlebih dahulu spesifikasi antena, kemudian merancang menggunakan software yaitu CST Microwave Suite 2017, dan tahapan terakhir yaitu fabrikasi sesuai hasil dari perancangan di software.

3.2. Penentuan Spesifikasi Antena

Berdasarkan parameter yang diharapkan yaitu meliputi VSWR, return loss serta pola radiasi maka ditentukanlah nilai dari spesifikasi yang diharapkan.

Tabel 3.1 Spesifikasi Antena yang Diharapkan

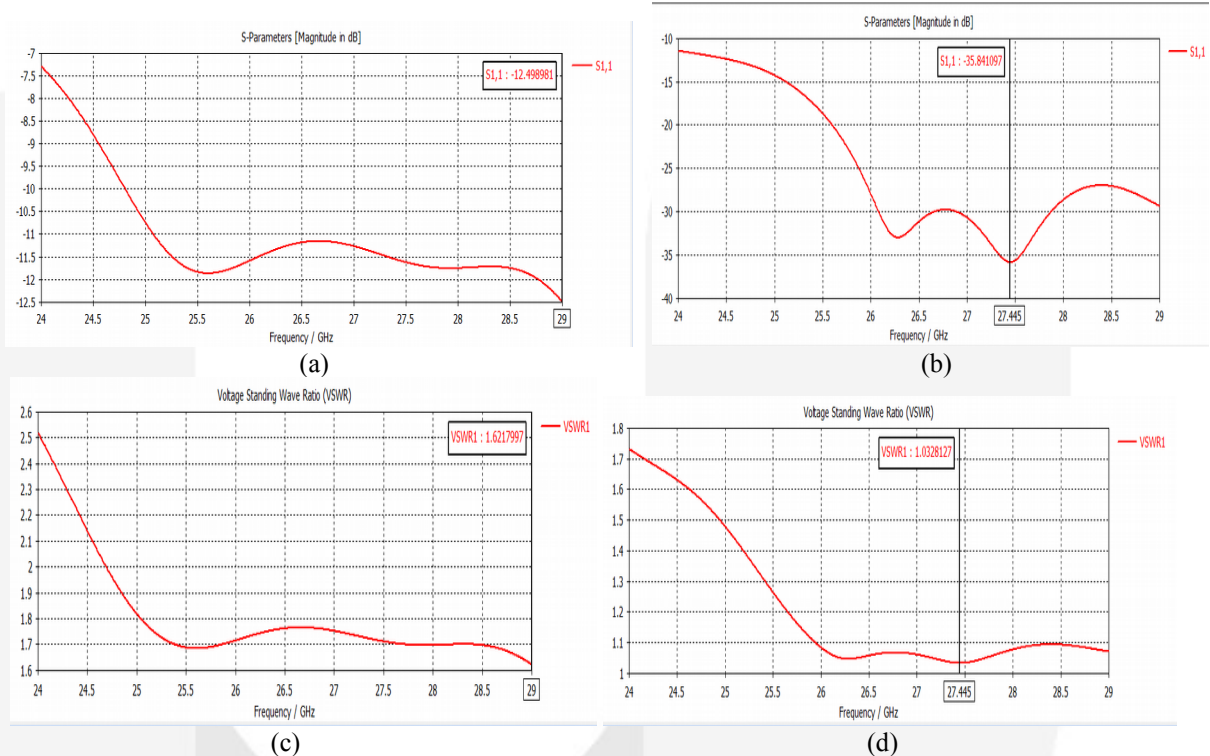
Spesifikasi Antena	Nilai / Deskripsi
VSWR	$\leq 1,1$
Return Loss	≤ -10 dB
Pola Radiasi	Uni-directional

Dalam merealisasikan antena vivaldi, maka bahan PCB yang dibutuhkan yaitu Duroid Rogers RO4003C dengan permitivitas relatif (ϵ_r) sebesar 3,55 dan ketebalan bahan duroid sebesar 0,813mm. Dan untuk bahan patch antena vivaldi yaitu tembaga (*Copper*) dimana nilai dari permitivitas relatif (ϵ_r) sebesar 1 dan ketebalannya sebesar 0,0035 mm.

3.3 Desain Antena

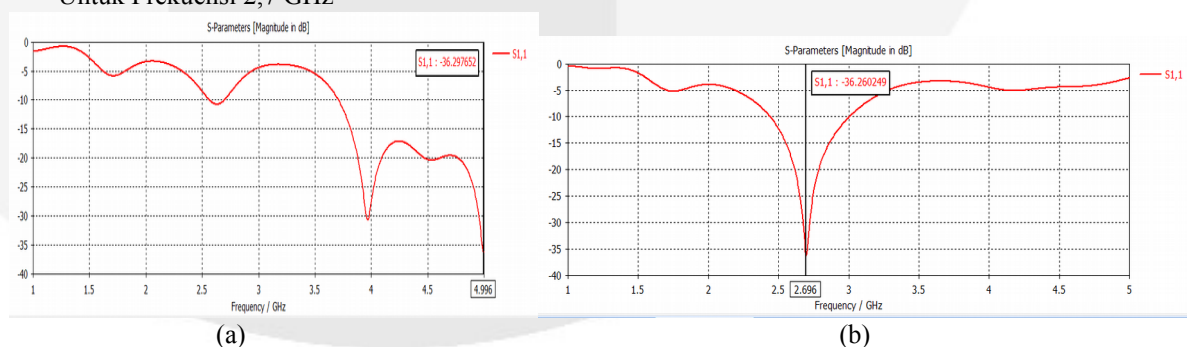
Mendesain antena memerlukan perhitungan dimensi ukuran *patch*, substrat, *ground plane* dan ukuran saluran transmisi. Dari persamaan 2.5 – 2.9, nilai yang didapatkan yaitu $B = 6,279$ dan lebar catuan (w_1) sebesar 1,813 mm. Dengan nilai $\epsilon_r = 3,55$ dan $h = 0,813$ mm, maka didapatkan nilai $\epsilon_{eff} = 2,474$. Untuk frekuensi 27 GHz nilai dari λ_g yaitu sebesar 0,007 mm dan pada frekuensi 2,7 GHz nilai λ_g yaitu sebesar 0,07 mm.

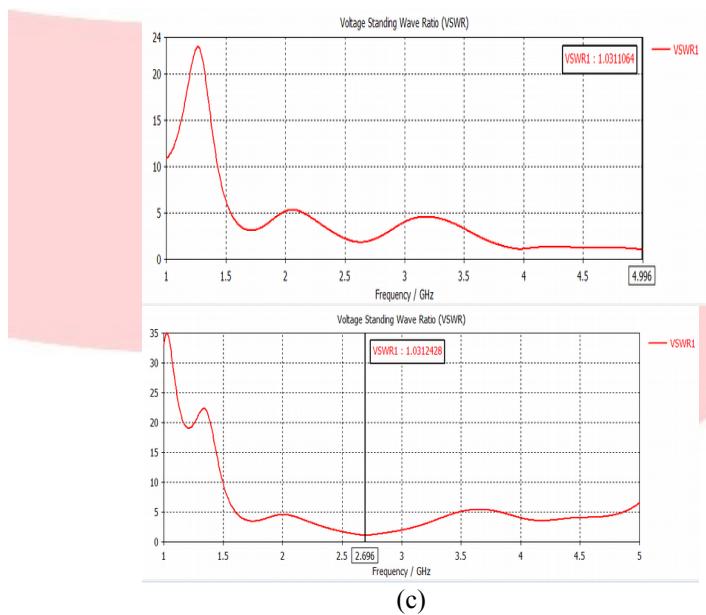
- Untuk Frekuensi 27 GHz



Grafik (a) dan (b) merupakan grafik return loss sebelum dioptimasi dan hasil dari optimasi akhir yang dilakukan setelah memperbesar dan memperkecil dimensi antena. Begitupun dengan gambar (c) dan (d) merupakan grafik vswr dari frekuensi 27 ghz yang belum dioptimasi sampai hasil optimasi akhir.

- Untuk Frekuensi 2,7 GHz



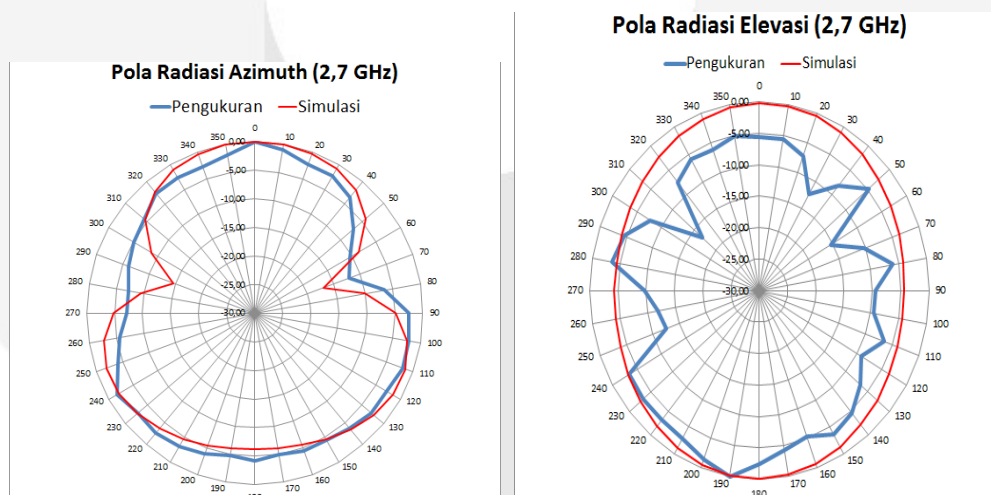


4. Pengukuran dan Analisis

4.1 Pengukuran Parameter

Di bawah ini merupakan perbandingan dari frekuensi 27 GHz dan hasil pengukuran antenna realisasi di frekuensi 2,7 GHz :

Parameter	Spesifikasi	27 GHz	2,7 GHz
VSWR	$\leq 1,1$	1,0328127	1,09
Return Loss	$\leq 10\text{dB}$	-35,841097 dB	-27,236 dB
Pola Radiasi	Uni-Directional	Uni-Directional	Uni-Directional
Gain	$\geq 3 \text{ dBi}$	7,15 dBi	3,72 dBi



Dari hasil pengukuran dan perbandingan melalui tabel di atas, terlihat jelas kesebandingan antara antenna vivaldi di frekuensi 27 GHz dengan antenna realisasi vivaldi di frekuensi 2.7 GHz.

4.2 Teknik Scaling-Down

Teknik scaling down pada penelitian kali ini mengubah satuan panjang antenna 27 GHz dari mm menjadi cm. Dengan kata lain, frekuensi antenna secara teori diperkirakan akan mendekati 2,7 GHz karena perbedaan antara mm sampai cm adalah 1/10. Setelah melakukan proses optimasi, desain akhir antenna kemudian dibuat berdasarkan parameter tabel 4.4 yang tidak begitu jauh berbeda dengan tabel 4.3 yang berarti bahwa bentuk antenna hanya sedikit berbeda dan tetap konsisten dengan desain awal.

Tabel 4.3 Dimensi Antena
Frekuensi 27 GHz

Dimensi	Simbol	Satuan
Lebar Antena	Sy	50 mm
Panjang Antena	Sx	30 mm
Panjang Vivaldi Atas	La	30 mm
Panjang saluran 2	L2	6 mm
Lebar saluran 2	W2	1mm
Lebar saluran 3	W3	0,78 mm

Tabel 4.4 Dimensi Antena
frekuensi 2,7 GHz

Dimensi	Simbol	Satuan
Lebar Antena	Sy	10,7 cm
Panjang Antena	Sx	8 cm
Panjang Vivaldi Atas	La	3,5 cm
Panjang saluran 2	L2	0,4 cm
Lebar saluran 2	W2	0,13 cm
Lebar saluran 3	W3	0,29 cm

Kesimpulan

Untuk membandingkan karakteristik (vswr, return loss dan pola radiasi) antara pengukuran dan hasil simulasi, dimensi antenna ditingkatkan dan frekuensi resonansi akan bergeser turun mendekati 2,7 GHz. Dari hasil simulasi dan pengukuran, dapat disimpulkan bahwa parameter karakteristik dari hasil simulasi dan antenna terukur menunjukkan hasil yang sebanding. Hal ini menunjukkan bahwa teknik *scaling down* bisa menjadi solusi untuk pengukuran parameter karakteristik (vswr, return loss dan pola radiasi) di frekuensi 2,7 GHz.

Daftar Pustaka:

- [1] Republik Indonesia. 2017. Peraturan menteri Komunikasi dan Informatika No.20 tahun 2017 tentang Tata Cara Seleksi Pengguna Pita Frekuensi Radio 2,3 GHz Tahun 2017 Untuk Keperluan Penyelenggaraan Jaringan Bergerak Seluler. Lembaran Negara RI 2017. Menteri Komunikasi dan Informatika. Jakarta.
- [2] Y.Niu, Y.Li, D.Jin, L.Su, A.V.Vasilakos, "A Survey Of Millimeter Wave (mmWave) Communications for 5G : Opportunities and Challenges, Wireless Networks 21 (8) : 2657-2676, 2015.
- [3] P.J.Gibson, "The Vivaldi Aerial," in Proc.the 9th European Microwave Conference, 1979, pp.101-105.

- [4] 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.
- [5] Balanis, C.A., *Antenna Theory : Analysis and Design*, New York : John willey & Sons, Inc,1982.
- [6] Jian Bai ; Shouyuan Shi ; dkk, 2011, Modified Compact Antipodal Vivaldi Antenna for 4-50 GHz UWB Application, *Network, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* vol.59 no.4.