

## PEMODELAN KARAKTERISTIK ANTENA SLOTTED BOW-TIE 27 GHZ KE 2,7 GHZ MENGGUNAKAN TEKNIK PENSKALAAN

### CHARACTERISTIC MODELING OF 27 GHZ TO 2,7 GHZ SLOTTED BOWTIE ANTENNA BY SCALING TECHNIQUE

Gavrila Nathania Calosa Baskara<sup>1</sup>, Dr.Ir. Heroe Wijanto,M.T<sup>2</sup>, Dr.Ir.Yuyu Wahyu,M.T<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>3</sup>PPET-LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

<sup>1</sup>gavrilanathania@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>heroe@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>yuyu@ppet.lipi.go.id

#### Abstrak

Teknologi komunikasi nirkabel telah berkembang sangat cepat untuk memenuhi permintaan kapasitas trafik yang tinggi pada perangkat elektronik. Teknologi 5G menggunakan pita frekuensi yang lebih tinggi untuk menyediakan kemampuan data besar untuk mendukung kecepatan data multi-Gbps. Alokasi frekuensi teknologi 5G ini terdapat pada frekuensi 24,25 GHz sampai 27,5 GHz.

Antena Bow-Tie merupakan pengembangan dari antena bikonikal. Antena bow-tie memiliki bandwidth dan impedansi lebar yang membuat antena ini mampu bekerja pada *ultra wide band frekuensi* (UWB). Agar antena dapat bekerja pada *ultra wide band frekuensi* (UWB) dibutuhkan teknik penskalaan. Teknik penskalaan dapat dilakukan untuk melaksanakan pengukuran antena yang berhubungan dengan struktur yang sangat besar. Teknik penskalaan bertujuan untuk meminimisasi biaya pembuatan antena pada struktur yang sangat besar dan mendapatkan hasil parameter antena yang sesuai dengan pengukuran frekuensi yang lebih terjangkau.

Pada Tugas Akhir ini, suatu antena planar bow-tie frekuensi 27 GHz dirancang, direalisasikan, dan dievaluasi untuk mengukur resonansi yang diinginkan, dimana ditetapkan pada frekuensi 2,7 GHz dengan proses pengecilan skala (*scaling down*) menggunakan bahan substrat Rogers 5880/DUROID ( $\epsilon_r=2,2$  dan  $h=1,6$  mm). Dari hasil simulasi melalui CST *Microwave Suite* 2017 dan hasil realisasinya diperoleh kesebandingan kedua frekuensi dengan nilai  $VSWR \leq 1,3$  ;  $return\ loss \leq -10$  dB serta Pola radiasi *omni-directional*.

Kata kunci : Antena *bow-tie*, Teknik *scaling down*

#### Abstract

Wireless communication technology has grown very quickly to meet the needs of users. The 5G technology uses higher frequency bands to provide large data capabilities to support multi-Gbps data rates. The frequency allocation of this 5G technology occurs at a frequency of 24.25 GHz to 27.5 GHz.

Bow-Tie antenna is a development of biconical antenna<sup>[1]</sup>. The bow-tie antenna has bandwidth and wide impedance that makes this antenna work on ultra wide band (UWB) frequencies. For antennas to work on ultra wide band (UWB) frequencies, scaling techniques are required. Scaling techniques can be performed to perform antenna measurements associated with very large structures. Scaling technique aims to minimize the cost of making the antenna on a very large structure and get the antenna parameter results in accordance with a more affordable frequency measurement.

In the study of this Final Project, a 27 GHz planar bow-tie antenna is designed, realized and evaluated to measure the desired resonance, which is set at a 2.7 GHz frequency by scaling down using Rogers 5880 substrate material / DUROID ( $\epsilon_r = 2.2$  and  $h = 1.6$  mm). From the simulation result through CST *Microwave Suite* 2017 and the realization result obtained the comparison of both frequencies with  $VSWR$  value  $\leq 1,3$ ;  $return\ loss \leq -10$  dB and omni-directional radiation pattern.

Keywords: Bow-tie antenna, Scaling down technique.

#### Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi di Indonesia saat ini telah memasuki era 4G LTE (*Long Term Evolution*). Namun teknologi teknologi 4G pun tidak dapat memenuhi kebutuhan peningkatan permintaan kecepatan akses tersebut. Teknologi 5G diprediksikan memiliki kecepatan data sampai dengan 10 Gbit/s. Alokasi frekuensi teknologi 5G ini terdapat pada frekuensi 24,25 GHz sampai 27,5 GHz karena pada frekuensi tersebut merupakan frekuensi yang direncanakan untuk penggunaan komunikasi bergerak.

Antena bow-tie dipilih karena memiliki bandwidth dan impedansi lebar yang membuat antena ini mampu bekerja pada *ultra wide band frekuensi* (UWB). Karena pada penelitian ini menggunakan pengukuran di frekuensi tinggi yaitu 27 GHz maka dibutuhkan metode penskalaan. Teknik penskalaan yaitu suatu teknik yang dapat dilakukan untuk melaksanakan pengukuran antena yang berhubungan dengan struktur yang sangat besar.

Pada Proyek Akhir ini dirancang dan direalisasikan antena bow-tie pada frekuensi 27 GHz dengan metode penurunan skala yang ditujukan untuk mengukur resonansi yang diinginkan dimana ditetapkan oleh penulis di frekuensi 2,7 GHz. Jenis substrat yang digunakan adalah Rogers 5880/DUROID ( $\epsilon_r=2,2$  dan  $h=1,6$  mm). Dari hasil simulasi melalui CST *Microwave Suite* 2017 dan hasil realisasinya diperoleh kesebandingan kedua frekuensi dengan nilai  $vswr \leq 1,3$  ;  $return\ loss \leq -10$  dB serta Pola radiasi *omni-directional*.

## 1. Dasar Teori

### 2.1 Frekuensi 27 GHz untuk Komunikasi 5G

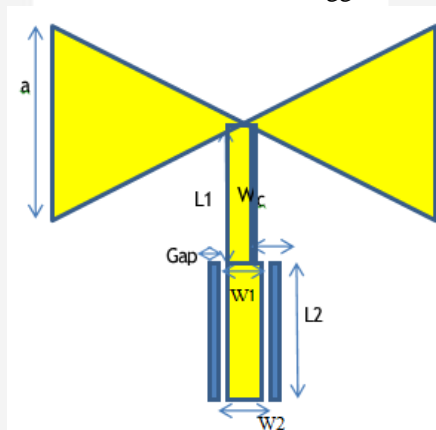
Beberapa negara telah memulai mengkaji kemungkinan penerapan teknologi 5G yang akan diluncurkan pada tahun 2020. Teknologi 5G diprediksikan memiliki kecepatan data sampai dengan 10 Gbit/s, berlipat dari generasi sebelumnya. Alokasi frekuensi teknologi 5G ini terdapat pada frekuensi 24,25 GHz sampai 27,5 GHz karena pada frekuensi tersebut merupakan frekuensi yang direncanakan untuk penggunaan komunikasi bergerak<sup>[16]</sup>.

#### 2.2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah jenis antena yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang tinggi diatas 100 MHz. Mikrostrip sendiri berasal dari dua kata yaitu *micro* (sangat kecil) dan *strip* (bilah/potongan), sehingga antena mikrostrip dapat di definisikan sebagai antena yang memiliki bentuk seperti bilah/potongan yang ukurannya sangat kecil<sup>[12]</sup>. Secara umum, antena mikrostrip terdiri dari 3 bagian, yaitu *patch*, substrat, dan *ground plane*.

#### 2.2.2 Antena Mikrostrip Patch Bow-Tie

Antena mikrostrip patch bow-tie terdiri dari tiga lapis bahan yaitu, lapisan konduktor, substrat dielektrik, dan *groundplane*. Konduktor pada umumnya terbuat dari bahan tembaga, aluminium, atau emas. Dielektrik dengan ketebalan  $h < \lambda$  memiliki permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) berkisar antara 2,2 hingga 10.



Gambar 2.1 Bentuk Patch Antena Mikrostrip Bow-Tie

## 2.3 Dimensi Antena

Untuk mendapatkan dimensi suatu antena mikrostrip ( $a$ ,  $W$ , dan  $L$ ) harus diketahui parameter bahan yang akan digunakan yaitu ketebalan dielektrik ( $h$ ), konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ), tebal konduktor ( $t$ ), dan rugi-rugi bahan.

$$a = \frac{2c}{2f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.1)$$

$$a_{eff} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.2)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{4 \sqrt{1 + \frac{12h}{a}}} \quad (2.3)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \tag{2.4}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \tag{2.5}$$

Selanjutnya lebar dan panjang saluran transmisi didapat menggunakan rumus:

$$L_1 = \lambda_g \tag{2.6}$$

$$L_2 = \frac{\lambda_g}{4} \tag{2.7}$$

Dimana nilai  $Z_0$  untuk  $W_1$  akan bernilai  $100 \Omega$  dan nilai  $Z_0$  untuk  $W_2$  bernilai  $50 \Omega$ .

$$\frac{w}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A}-2} ; \frac{w}{h} < 2 \tag{2.8}$$

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}} + \frac{\epsilon_r-1}{\epsilon_r+1} (0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r}) \tag{2.9}$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \tag{2.10}$$

Panjang sisi *ground plane* ( $L_g$ ), Lebar sisi *ground plane* ( $W_g$ )

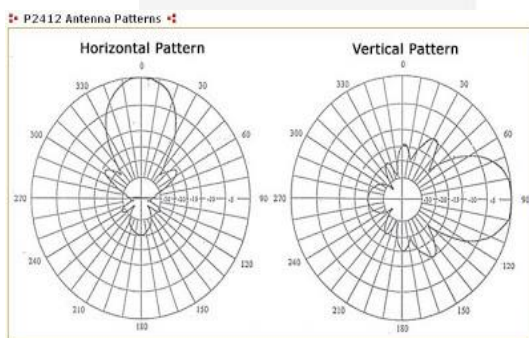
$$L_g \geq 3h + \frac{1}{2}L + L_1 + L_2 \tag{2.11}$$

$$W_g \geq 6h + W \tag{2.12}$$

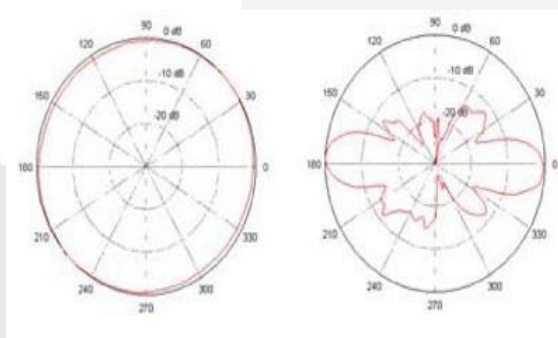
## 2.4 Parameter Antena Yang Digunakan

### 2.4.1 Pola Radiasi

Pola radiasi dari suatu antena didefinisikan sebagai penggambaran sifat radiasi suatu antena (pada medan jauh) sebagai fungsi dari arah yang digambarkan secara grafis<sup>[9]</sup>. Pola radiasi antena adalah plot 3-dimensi distribusi sinyal yang dipancarkan oleh sebuah antena atau plot 3-dimensi tingkat penerimaan sinyal yang diterima oleh sebuah antena<sup>[11]</sup>.



Gambar 2.4 Pola Radiasi Antena Uni-directional



Gambar 2.5 Pola Radiasi Antena Omni-Directional

### 2.4.2 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan, atau dapat juga diartikan sebagai koefisien refleksi yang dinyatakan dalam bentuk logaritmik yang menunjukkan adanya daya yang hilang akibat tidak matchingnya antena dengan saluran transmisi.

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

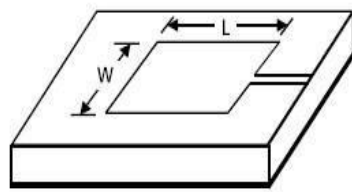
### 2.3.3 VSWR

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 untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antenna mikrostrip. *Microstrip line* dibuat dalam satu substrat sehingga konfigurasi antenna menjadi simetris.



Gambar 2.6 Teknik Pencatutan Mikrostrip Line

### 2.5 Instrumen Perancangan dan Pengukuran<sup>[9]</sup>

Pada proyek akhir ini, antenna dirancang menggunakan software CST Microwave Studio 2017. Kelebihan yang dimiliki oleh software CST di antaranya adalah antarmuka yang mudah dimengerti sehingga cocok digunakan sebagai program simulasi pembelajaran bagi pemula maupun yang sudah berpengalaman.

Pengujian kinerja antenna bisa menggunakan perangkat keras yang disebut sebagai Vector Network Analyzer. Parameter yang diukur menggunakan VNA ini adalah parameter vswr dan *return loss*.

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

## 3. Perancangan dan Simulasi

### 3.1 Pendahuluan

Pada Tugas Akhir ini, suatu antenna planar bow-tie frekuensi 27 GHz dirancang untuk mengukur resonansi yang diinginkan (27GHz ke 2,7GHz) dengan proses pengecilan skala (*scaling down*) menggunakan bahan substrat Rogers 5880/DUROID ( $\epsilon_r=2,2$  dan  $h=1,6$  mm). Desain antenna ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CST *Microwave Studio*. Desain yang ditransformasikan kemudian dibuat dan diukur agar antenna dapat bekerja pada spesifikasi yang telah ditentukan

### 3.2 Penentuan Spesifikasi Antena

Prosedur perancangan antenna mikrostrip *bowtie* dimulai dari penentuan parameter yang akan diukur.

Tabel 3.1 Parameter Antena yang Diinginkan

Parameter Antena	Nilai / Keterangan
VSWR	$\leq 1,3$
Return Loss	$\leq -10$ dB
Pola radiasi	Omni-directional

Adapun spesifikasi bahan yang digunakan pada perancangan yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.2 Karakteristik bahan antenna

Karakteristik	Tembaga	Duroid Rogers Rt 5880
Permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ )	1	2,2
Ketebalan	0,035	1,6 mm

### 3.3 Desain Antena

Mendesain antena memerlukan perhitungan dimensi ukuran *patch*, substrat, *ground plane* dan ukuran saluran transmisi. Dari persamaan 2.1 – 2.12, nilai yang didapatkan yaitu  $a = 74,91$  mm,  $a_{eff} = 75,98$ ,  $LP = 75,98$ ,  $WP = 131,60$  mm,  $\epsilon_{eff} = 1,899$ ,  $L_1 = 128,8$  mm,  $L_2 = 20,125$  mm,  $L_g = 191,715$  mm,  $W_g = 141,2$  mm. Untuk frekuensi 27 GHz nilai dari  $\lambda_g$  yaitu sebesar 80,5 mm dan pada frekuensi 2,7 GHz nilai  $\lambda_g$  yaitu sebesar 8,05 mm.

## 4 Pengukuran dan Analisis

Teknik *scaling down* pada penelitian kali ini mengubah panjang antena 27 GHz dari mm menjadi cm. Dengan kata lain, frekuensi antena secara teori diperkirakan akan mendekati 2,7 GHz karena perbedaan antara mm sampai cm adalah 1/10. Pada bab sebelumnya telah dipaparkan hasil bahwa antena memiliki frekuensi resonansi mendekati 2,7 GHz.

### 4.1 Pengukuran Return Loss

Pengukuran *return loss* dan *bandwidth* dilakukan dengan menghubungkan *network analyzer* dengan antena. Pengukuran antena dilakukan pada rentang frekuensi 2 GHz hingga 12 GHz.

**Tabel 4.1** Perbandingan Return Loss

Frekuensi	Return Loss	
	Simulasi	Pengukuran
2,7 GHz	-26,725906 dB	-22,819 dB

### 4.2 Pengukuran VSWR

Pengukuran VSWR dilakukan dengan menghubungkan *network analyzer* dengan antena. Pengukuran antena dilakukan pada rentang frekuensi 2 GHz hingga 12 GHz. Dokumentasi hasil pengukuran VSWR selengkapnya dilaporkan pada lampiran A.

**Tabel 4.2** Perbandingan VSWR

Frekuensi	VSWR	
	Simulasi	Pengukuran
2,7 GHz	1,0966567	1,1503

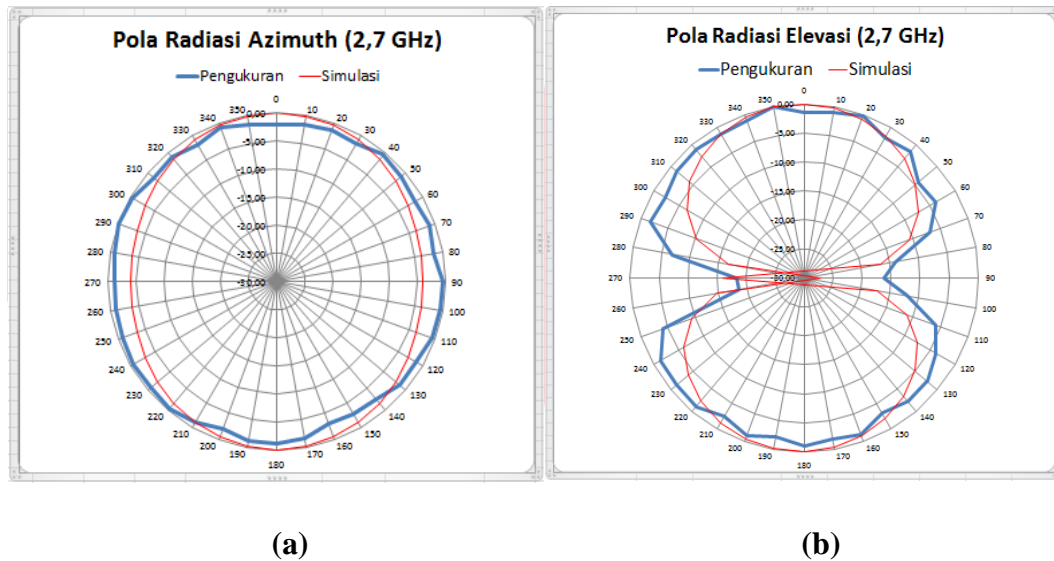
Di bawah ini merupakan perbandingan dari frekuensi 27 GHz dan hasil pengukuran antena realisasi di frekuensi 2,7 GHz :

**Tabel 4.3** Perbandingan Dimensi Antena

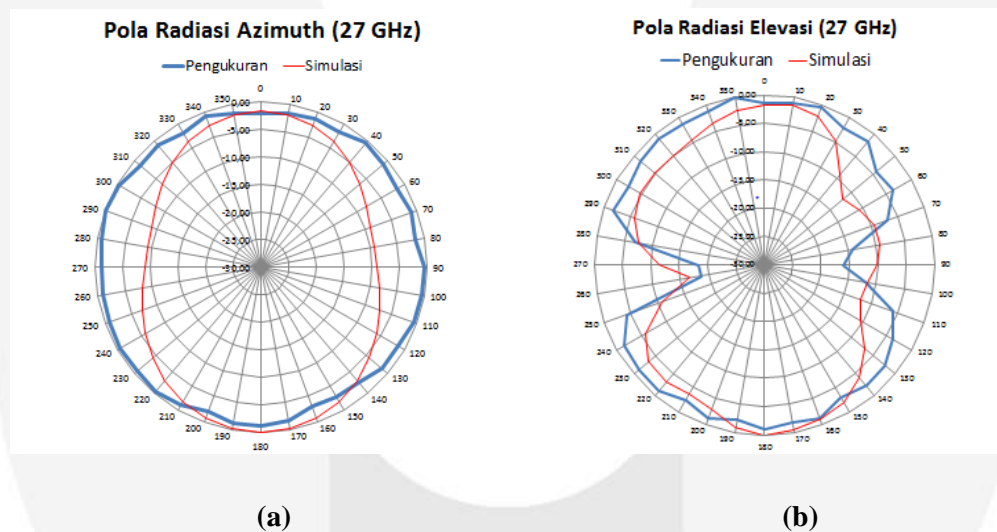
NO.	Parameter	Spesifikasi	Hasil Simulasi	Hasil Simulasi
			27 GHz	2,7 GHz
1	Frekuensi Kerja	27 GHz	27,213	2,701 GHz
2	Return Loss	$\leq 10$ dB	-20,623918	-26,725906
3	VSWR	$\leq 1,3$	1,2052389	1,0966567
4	Pola Radiasi	Omni-directional	Omni-directional	Omni-directional
5	Mesh cell	Hexahedral	1.239.504	568.260

Berdasarkan data pada tabel 3.7. diketahui bahwa penskaan antenna berdampak positif terhadap performa antenna. Hal ini terlihat dari parameter return loss, VSWR, Pola radiasi, dan Mesh Cell yang diukur. Pada return loss antenna terlihat bahwa nilai parameter  $S_{1,1}$  pada 2,7 GHz meningkat dibandingkan pada frekuensi 27 GHz. Hal ini mengindikasikan performa pada frekuensi 2,7 GHz lebih baik dari 27 GHz. Nilai VSWR pada 2,7 GHz juga mengecil mendekati nilai 1 yaitu 1,0966567. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penskalaan memperoleh hasil yang lebih baik.

#### 4.3 Pengukuran Pola Radiasi



Gambar 4.1 Pola Radiasi Azimuth (a) dan (b) Pola Radiasi Elevasi pada frekuensi 2,7 GHz



Gambar 4.2 Pola Radiasi Azimuth (a) dan (b) Pola Radiasi Elevasi pada frekuensi 27 GHz

Pola radiasi adalah arah getaran gelombang dari antenna. Konfigurasi pengukuran polaradiasi bisa dilihat pada gambar 4.2. Dari hasil pengukuran pada pola radiasi azimuth sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu *omni-directional* namun, pada pengukuran pola radiasi elevasi yang didapatkan adalah mendekati pola *bidirectional*, belum ideal dengan spesifikasi yang diinginkan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya penyimpangan pola radiasi:

1. Pengukuran dilakukan di ruang *anechoic chamber* namun hasil yang didapatkan masih belum ideal dikarenakan perangkat yang terletak didalam dan harus berada didalam ruangan ketika proses pengukuran dilakukan memungkinkan terjadinya pantulan-pantulan sinyal.
2. Kurang presisinya sudut dikarenakan masih dikendalikan manual untuk pergeseran sudutnya.

3. Kesalahan dalam pembacaan level daya akibat fluktuasi daya terima pada *spectrum analyzer*.
4. Tempat peletakan antenna atau stand untuk AUT tidak stabil sehingga mengakibatkan masih bergesernya hasil pengukuran dengan hasil simulasi.

### 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] Adhi mahendra, Perancangan Antena Microstrip Bow-tie pada Aplikasi Ultra Wideband, Universitas Pancasila, 2012
- [2] Arie Pangesti Aji, Catur Apriono, Fitri Yuli Zulkifli, Eko Tjipto Rahardjo ,“Radiation Pattern Validation of a THz Planar Bow-tie Antenna at Microwave Domain by Scaling Up Technique” , Universitas Indonesia, 2017
- [3] Balanis, Constantine A. 2005. “Antena Theory Analisis and Desain 3rd Edition”. United Stated: Wiliey InterScience..
- [4] G. Zheng, A. Z. Elsherbeni, C. E. Smith, “A Co-planar Waveguide Bow-tie Aperture Antenna,” *Infrared Physics & Technology*, vol. 69, pp. 102-106, 2015
- [5] Hemant Kumar Varshney , Mukesh Kumar, A.K.Jaiswal , Rohini Saxena and Komal Jaiswal “A Survey on Different Feeding Techniques of Rectangular Microstrip Patch Antenna” *International Journal of Current Engineering and Technology*. E-ISSN 2277 – 4106, P-ISSN 2347 – 5161
- [6] Hong, Jia-Sheng, and M.J. Lancaster. 2001. *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, New York: John Wiley and Sons.
- [7] Kimimami K., Hirata A., Shiozawa T., “*Double-Sided Printed Bow-Tie Antenna for UWB Communications*”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Vol 3, 2004
- [8] T.S.Rappaport,S.Sun, R. Mayzus, H.Zhao, Y.Azar, K.Wang, G.N.Wong, J.K.Schulz, M. Samimi, and f. Gutierrez, “ *Milimeterwave mobile Communications For 5G Cellular: It Will Work!*,” *Access, IEEE*, vol.1, pp.335-349,2013.