

Perancangan *Rectangular Microstrip Antenna* untuk Komunikasi 5G dengan Penambahan Elemen Parasitik

Anugerah Galang Persada, Rr. Eny Sukani Rahayu, I Made Adhi Wiryawan, Katlia Vena Amethist
Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada
Komplek Fakultas Teknik UGM, Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, Sinduadi, Mlati, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa
Yogyakarta 55281

Abstract— This paper discusses the design of wideband rectangular microstrip antenna which is for mobile communication, especially for a 5G application. The main evolution of 5G is that beyond data speed improvements, new IoT and critical communication use cases will require new types of improved performance. Theoretically, the 28 GHz and 38 GHz have been confirmed to have good electrical characteristics for 5G mobile cellular communication. Therefore, an alternative to support all these bands in one antenna is to design a wideband antenna. To achieve the antenna specification that has the characteristics of wideband, one of the methods that can be used is to add parasitic elements in a rectangular microstrip patch antenna. The antenna design uses FR-4 substrate with a dielectric constant of 4.3 and substrate thickness 1.6mm. Ground plane, feed line, patch and parasitic elements using a copper material with a thickness of 0.035mm. By using this technique, a frequency band is obtained at 21.56 GHz up to 30.35 GHz and have a bandwidth of 8.79 GHz. To confirm the feasibility of the antenna, it has been measured to provide a VSWR of less than 1.8, return loss < -10 dB, gain > 3 dB, and antenna dimension < 4 cm². With the characteristics of this antenna, the result of the antenna design can be used for the 5G application.

Keywords- 5G mobile communication; Rectangular microstrip patch antenna; parasitic element.

Abstrak— Paper ini membahas desain dari antenna mikrostrip *rectangular wideband* yang dapat digunakan komunikasi seluler, terutama pada aplikasi jaringan 5G. Evolusi utama 5G adalah pada peningkatan kecepatan data, penggunaan IoT baru dan kasus komunikasi kritis yang akan membutuhkan peningkatan kinerja yang baru. Berdasarkan teori, frekuensi 28 GHz dan 38 GHz memiliki karakteristik listrik yang baik untuk komunikasi seluler pada jaringan 5G. Oleh karena itu, alternatif yang tepat untuk mendukung semua pita frekuensi tersebut yaitu dengan membuat antenna wideband. Untuk mencapai spesifikasi antenna yang memiliki karakteristik wideband, salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan menambahkan elemen parasitik dalam antenna mikrostrip persegi panjang. Desain antenna menggunakan substrat FR-4 dengan konstanta dielektrik sebesar 4,3 dan ketebalan substrat sebesar 1,6 mm. *Ground plane, feed line, patch* dan elemen parasitik menggunakan bahan tembaga dengan ketebalan 0,035 mm. Dengan menggunakan teknik ini, pita frekuensi dapat diperoleh pada 21,56 GHz hingga 30,35 GHz dan memiliki lebar pita frekuensi sebesar 8,79

GHz. Untuk mengkonfirmasi kelayakan antenna, VSWR harus dibuat kurang dari 1,8, *return loss* < -10 dB, perolehan > 3 dB, dan dimensi antenna < 4 cm². Dengan karakteristik berikut, hasil dari desain antenna yang dibuat dapat digunakan untuk aplikasi pada jaringan 5G.

Kata kunci- komunikasi 5G komunikasi seluler; antenna mikrostrip persegi panjang; elemen parasitik.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan telekomunikasi yang berkembang secara pesat saat ini memaksa untuk lebih mengembangkan sistem komunikasi agar lebih handal dan cepat. Teknologi nirkabel generasi kelima (5G) adalah langkah selanjutnya dalam komunikasi seluler. Tujuan dari 5G adalah untuk menyediakan koneksi ke semua jenis perangkat dan aplikasi lainnya, termasuk komunikasi seluler pada telepon cerdas. 5G dapat memiliki kelebihan antara lain : kecepatan pengiriman data yang tinggi (10-50 Gbps), latensi yang rendah, serta dapat mengakomodir kebutuhan data yang besar [1]. Secara teoritis, 26 GHz dan 28 GHz telah dikonfirmasi memiliki karakteristik elektronis yang baik untuk komunikasi seluler 5G [2]. Negara seperti Amerika telah melakukan uji coba 5G pada frekuensi 27,5 - 28,35 GHz. Negara lainnya seperti Korea Selatan menggunakan frekuensi 26,5 – 29,5 GHz, Eropa dengan frekuensi 24,25 – 29,5 GHz, serta Jepang dengan frekuensi 27,5 – 29,5 GHz untuk 5G [3].

Antena mikrostrip persegi panjang dirancang untuk memenuhi dan mendukung kebutuhan jaringan 5G sebagai perangkat pengirim dan penerimaan informasi. merupakan jenis antenna yang telah menarik perhatian lebih dalam komunikasi nirkabel karena beberapa kelebihanannya. Beberapa kelebihanannya adalah biaya pembuatan yang lebih murah, memiliki bobot yang lebih ringan, dimensi yang lebih kecil, dan fabrikasi yang mudah. Perancangan Antena mikrostrip yang paling mudah adalah berbentuk persegi panjang akan tetapi memiliki beberapa kekurangan yaitu lebar pita frekuensi yang kecil dan perolehan yang rendah [4]. Untuk meningkatkan lebar pita frekuensi dan perolehan antenna, salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan menambahkan elemen parasitik pada Antena mikrostrip persegi panjang [2].

Pada paper kali ini akan dibahas perancangan Antena mikrostrip dengan penambahan elemen parasitik menggunakan substrat FR-4 untuk mendapatkan lebar pita frekuensi 24.25 – 29.5 GHz. Pada paper ini terbagi

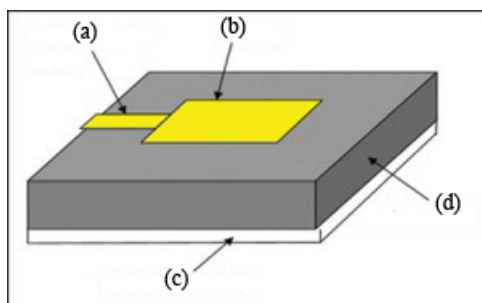
menjadi lima bab meliputi Bab I membahas latar belakang dan tujuan perancangan antenna mikrostrip, bab II membahas desain dan perhitungan antenna, bab III membahas metode penelitian pada antenna, bab IV membahas hasil simulasi pada antenna, dan bab V merupakan kesimpulan dari tulisan ini.

II. DASAR TEORI

A. Antena mikrostrip

Antena mikrostrip yang ditunjukkan oleh Gambar 1 adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik.

Antena mikrostrip merupakan antenna yang memiliki massa ringan, mudah untuk difabrikasi, dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antenna jenis lain. Antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat di-integrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil. Akan tetapi, antenna mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: lebar pita frekuensi yang sempit, serta perolehan antenna dan perarahan antenna yang kecil, serta efisiensi rendah [2]. Antena mikrostrip umumnya terdiri dari *conducting patch* (b) yang terbuat dari bahan konduktor, dan sebuah bidang datar dari bahan konduktor (c) yang berfungsi sebagai *ground antenna* dan dipisahkan oleh substrat dari bahan dielektrik (d). *Microstrip feed* (a) merupakan sebuah *conducting strip* untuk menghubungkan patch dengan sisi tepi.



Gambar 1 antena mikrostrip (a) *microstrip feed*, (b) *patch*, (c) *ground plane*, (d) *substrate* [9]

B. Elemen Parasitik

Elemen parasitik adalah sebuah elemen yang tidak memiliki *feed* sendiri dan bergantung pada *feed* lain. Elemen ini diposisikan sedemikian rupa di bidang induksi dari elemen yang digerakkan, sehingga dapat membantu meningkatkan radiasi secara tidak langsung serta dapat memperlebar lebar pita frekuensi [5]

C. Perhitungan Matematika Antena Mikrostrip

Pada perancangan sebuah antenna mikrostrip persegi panjang, terlebih dahulu harus diketahui parameter dari bahan yang akan digunakan antara lain ketebalan substrat (h), konstanta dielektrik (ϵ_r), dan frekuensi kerja (f_0). Nilai tersebut digunakan untuk mendapatkan panjang dan lebar dari sebuah antenna mikrostrip. Persamaan yang digunakan untuk mencari panjang antenna mikrostrip dapat dilihat pada Persamaan 1 [6].

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (1)$$

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2)$$

Sedangkan untuk menentukan lebar dari sebuah antenna mikrostrip menggunakan persamaan 2 [6].

Beberapa parameter dihitung terlebih dahulu untuk mendapatkan panjang dan lebar, yaitu panjang efektif (L_{eff}), selisih panjang (ΔL), konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}). Parameter diatas dapat dihitung menggunakan persamaan 3, 4, dan 5 [6] :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_e + 0.3) \left[\frac{W}{h} + 0.264 \right]}{(\epsilon_e - 0.258) \left[\frac{W}{h} + 0.813 \right]} \quad (4)$$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Dengan :

- c : Kecepatan cahaya (3×10^8) (m/s)
- fr : Frekuensi kerja (Hz)
- ϵ_{reff} : Konstanta dielektrik efektif (F/m)
- ϵ_r : Konstanta dielektrik substrat (F/m)
- h : Tebal substrat (m)
- W : Lebar *patch* (m)
- L : Panjang *patch* (m)
- ΔL : Selisih panjang (m)
- L_{eff} : Panjang efektif (m)

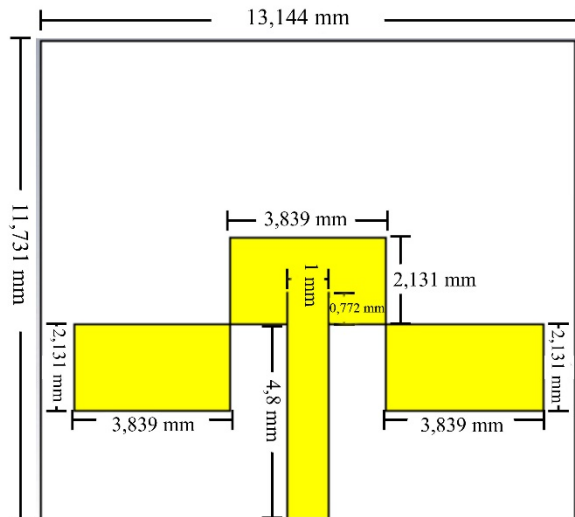
III. METODE PENELITIAN

Dalam merancang antenna mikrostrip persegi panjang dengan penambahan elemen parasitik untuk komunikasi 5G, pada paper ini menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio. Antena yang akan dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut : *return loss* (S1,1) < -10 dB, perolehan antenna > 2,5 dB, lebar pita frekuensi 24,24 – 29,5 GHz, dan *VSWR* < 1,8.

A. Desain Antena

Gambar 2 menunjukkan antenna yang diusulkan. Parameter serta dimensi antenna dapat dilihat pada Tabel 1 dengan dimensi yang didapat berdasarkan pada perhitungan diatas. Ukuran dari antenna yang dirancang sebesar 11,731 mm x 13,144 mm dengan ketebalan 1,635 mm. Antena ini menggunakan substrat FR-4 dengan konstanta dielektriknya sebesar 4,3. Panjang *feed* yang digunakan adalah 4,8 mm dan lebarnya adalah 1 mm.

Elemen parasitik yang digunakan sebanyak dua buah dan terletak di sisi bawah kanan kiri dari *patch antenna* (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Tampak depan antenna

Tabel 1. Parameter dan dimensi antenna

Parameter	Dimensi
Panjang substrat	11,731 mm
Lebar substrat	13,144 mm
Panjang <i>patch</i> (lp)	2,131 mm
Lebar <i>patch</i> (wp)	3,839 mm
Panjang <i>inset feed</i> (fi)	0,772 mm
<i>Gap feed line</i> (gpf)	0,022 mm
Panjang <i>feed</i> (lf)	4,8 mm
Lebar <i>feed</i> (wf)	1 mm
Panjang <i>ground</i> (lg)	11,731 mm
Lebar <i>ground</i> (wg)	13,144 mm
Panjang elemen parasitik (lpp)	2,131 mm
Lebar elemen parasitik (wpp)	3,839 mm
Tebal substrat (FR-4) (ts)	1,6 mm
Tebal <i>patch</i> (tp) (tembaga)	0.035 mm

B. Parameter Antena

Untuk membuat sebuah desain antenna yang memiliki kinerja baik untuk jaringan 5G, terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan antara lain :

a. Return Loss (S1,1)

Return loss merupakan seberapa banyak daya yang terpantulkan ketika daya dipancarkan dari sebuah antenna, *return loss* dibuat lebih kecil dari -10 dB berarti terdapat setidaknya 90% daya yang berhasil dipancarkan, oleh sebab itu *return loss* sebaiknya kurang dari -10 dB untuk menghasilkan daya pancar yang besar. *Return loss* dapat dihitung menggunakan persamaan 6 sebagai berikut [6] :

$$R(\text{dB}) = 10 \log\left(\frac{\text{incident power}}{\text{reflected power}}\right) \quad (6)$$

$$R(\text{dB}) = 10 \log(|V_+|^2/|V_-|^2)$$

$$R(\text{dB}) = 20 \log(1/|G|)$$

b. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage standing wave ratio adalah perbandingan antara amplitudo maksimum dengan amplitudo minimum dari sebuah tegangan yang terpantul ketika dipancarkan. Nilai *VSWR* yang baik adalah antara 1 sampai 2 yang berarti tegangan yang terpantul tidak banyak. *VSWR* dapat dihitung menggunakan persamaan 7 berikut [6] :

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (7)$$

c. Perolehan

Perolehan adalah kemampuan antenna mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. Sehingga semakin besar perolehan antenna maka semakin baik antenna memancarkan sinyal. Perolehan antenna dapat dihitung menggunakan persamaan 8 berikut [6] :

$$Gain \text{ Daya} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_o}{P_i} \right) \text{ (dB)}$$

$$Gain \text{ Tegangan} = 20 \log_{10} \left(\frac{V_o}{V_i} \right) \text{ (dB)} \quad (8)$$

$$Gain \text{ Arus} = 20 \log_{10} \left(\frac{I_o}{I_i} \right) \text{ (dB)}$$

d. Lebar Pita Frekuensi

Lebar Pita Frekuensi adalah lebar cakupan frekuensi yang dipakai oleh sinyal dalam medium transmisi. Pada jaringan 5G, bekerja dengan baik pada pita frekuensi 24,25 – 27,5 GHz (26 GHz) & 26,5 – 29,5 GHz (28 GHz) [3]. Antena yang dirancang memiliki lebar pita frekuensi 8,79 GHz yang mencakup pita frekuensi 26 GHz & 28 GHz.

C. CST Microwave Studio

CST (Computer Simulation Technology) Microwave Studio merupakan perangkat lunak yang cepat dan akurat dalam melakukan simulasi tiga dimensi pada domain waktu maupun frekuensi. Perangkat ini memungkinkan melakukan analisis cepat dan akurat pada simulasi antenna, *multi-layer structures* dan *EMC effects*[7].

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Kinerja antenna dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti *return loss* (S1,1), lebar pita frekuensi, dan perolehan antenna. Perancangan antenna dilakukan agar memperoleh lebar pita frekuensi yang dapat memenuhi kinerja dari jaringan 5G.

Setelah desain antenna dirancang, berikut adalah hasil simulasi menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio:

A. Return Loss (S1,1) & Lebar Pita Frekuensi

Tabel 2. Perbandingan Return Loss & Lebar Pita Frekuensi

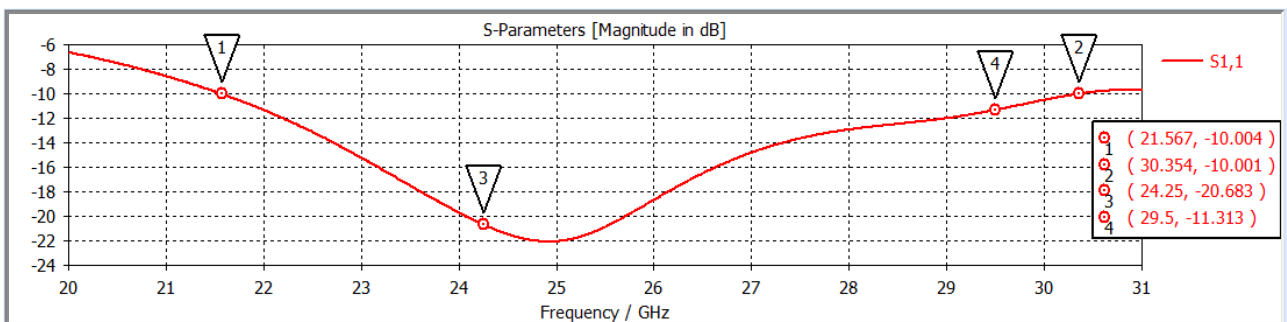
Jenis Antena Mikrostrip	Return Loss (dB)		Lebar Pita Frekuensi (GHz)
	(28 GHz)	(26 GHz)	
Tanpa elemen parasitic	-16,245	-14,278	5,5
Dengan elemen parasitic	-12,916	-18,645	8,79

Tabel 2 merupakan perbandingan antara antenna mikrostrip tanpa elemen parasitik, antenna mikrostrip dengan elemen parasitik. Antena yang dirancang memiliki *return* dibawah -10 dB serta memiliki lebar pita frekuensi yang lebih lebar jika diberi elemen parasitik sehingga dapat mencakup frekuensi dari jaringan 5G. Hasil simulasi pada Gambar 3, yaitu antenna dengan elemen parasitik, menunjukkan *return loss* (S1,1) pada frekuensi 21,56 – 30,35 GHz kurang dari -10 dB, serta dari Gambar 3 dapat diukur lebar pita frekuensi pada antenna dengan penambahan elemen parasitik tersebut, yaitu 8,79 GHz yang ditunjukkan oleh titik (1) dan (2).

B. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Dari hasil simulasi pada Gambar 4, didapatkan *VSWR* pada rentang frekuensi 24,25 – 29,5 GHz berada dibawah 1,8. Nilai *VSWR* yang dibawah 1,8 menunjukkan bahwa perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum di sepanjang saluran transmisi kurang dari 1,8. Hal ini menunjukkan bahwa interferensi akibat *standing wave* kecil.

D. Perolehan Antena



Gambar 3. Return Loss (S1,1)

Pada Gambar 6, perolehan antenna pada frekuensi 26 GHz dan 28 GHz secara berturut-turut adalah 5,5 dB dan 4,7 dB. Tabel 3 menunjukkan perbandingan antara antenna yang dirancang menggunakan substrat FR-4 dengan antenna pada referensi. Perbedaan perolehan antenna disebabkan oleh perbedaan rentang frekuensi kerja, pada antenna referensi, hanya menggunakan frekuensi kerja 28 GHz sehingga dapat memaksimalkan perolehan antenna pada frekuensi tersebut, sedangkan antenna yang dirancang memiliki frekuensi kerja yang lebih lebar untuk dapat mawadahi frekuensi 26 GHz dan 28 GHz pada jaringan 5G, sehingga perolehan antenna yang dihasilkan terlihat seperti pada gambar 6.

Tabel 3. Perbandingan Perolehan Antena

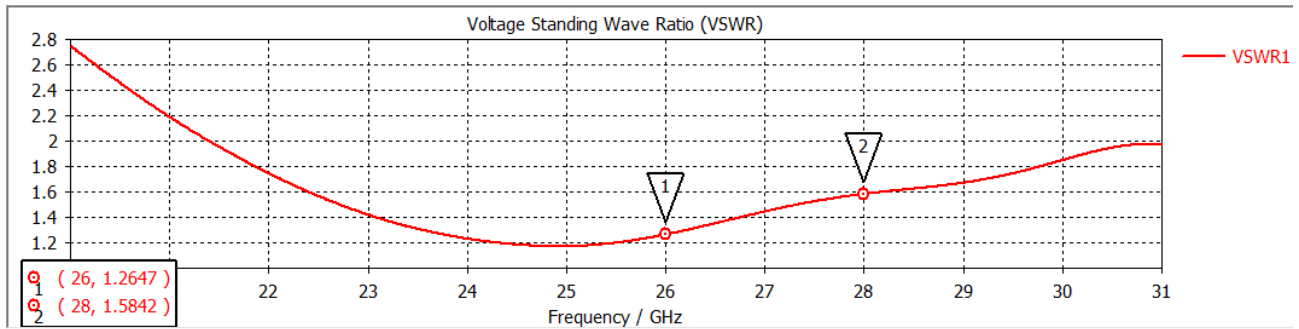
Jenis Antena Mikrostrip	Frekuensi Kerja	Perolehan Antena (dB)
Tanpa elemen parasitik	28 GHz	2,44
Dengan elemen parasitik	28 GHz	4,76
<i>T and L Slotted Patch</i> [8]	28 GHz	5,54

E. Dimensi

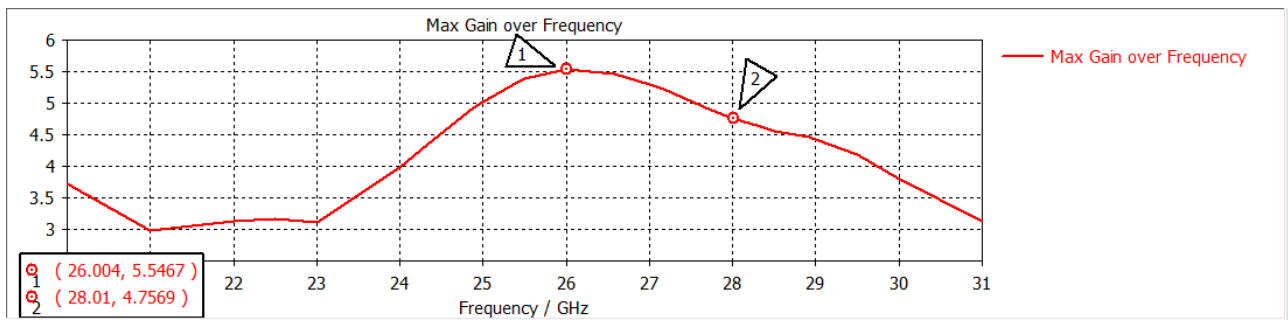
Tabel 4. Perbandingan Dimensi Antena

Jenis Antena Mikrostrip	Panjang Antena (mm)	Lebar Antena (mm)	Tebal Antena (mm)
Tanpa elemen parasitic	11,731	13,144	1,635
Dengan elemen parasitic	11,731	13,144	1,635
<i>T and L Slotted Patch</i> [8]	10,000	10,000	1,664

Pada Tabel 4, antenna mikrostrip memiliki kelebihan dimensi antenna yang kecil. Antena yang didesain pada tulisan ini memiliki dimensi yang kecil, yaitu 1,17 x 1,17 cm dengan tebal 0,16 cm.



Gambar 4. VSWR



Gambar 5. Perolehan Antena

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada tulisan ini, dapat disimpulkan bahwa antenna yang dirancang telah memenuhi kriteria yang diperlukan, yaitu *return loss* ($S_{1,1}$) < -10 dB, perolehan antenna > 2,5 dB, lebar pita frekuensi 8,79 GHz, dan *VSWR* < 1,8, sehingga antenna ini dapat bekerja pada jaringan 5G.

VI. REFERENSI

- [1] P. M. Sunthari and R. Veeramani, "FOR 5G WIRELESS APPLICATIONS USING MIMO TECHNIQUES," no. L, pp. 4–8, 2017.
- [2] Y. La Elo, F. Y. Zulkifli, and E. T. Rahardjo, "Design of Wideband Microstrip Antenna With Parasitic Element For 4G / LTE Application," vol. 1, pp. 110–113, 2017.
- [3] GSM Association, "5G spectrum guide – everything you need to know." [Online]. Available: <https://www.gsm.com/spectrum/5g-spectrum-guide/>. [Accessed: 17-Apr-2018].
- [4] P. C. Mishra and R. Sonkusare, "Performance Analysis of Simple Rectangular Microstrip Patch Antenna and Gap Coupled Rectangular Microstrip Patch Antenna," pp. 2–5, 2017.
- [5] R. K. T. Ambikesh Tripathi, "the Theoretical Study of the Effect of Parasitic Element To Increase the Bandwidth for Ring Micro-Strip Antenna," pp. 9–13, 2014.
- [6] C. A. Balanis, *Chapter 14*. 2005.
- [7] CST Computer Simulation Technology, "CST STUDIO SUITE®." [Online]. Available: <https://www.cst.com/products/csts2>. [Accessed: 01-May-2018].
- [8] J. Saini, "T and L Slotted Patch Antenna for Future Mobile and Wireless Communication," pp. 3–7, 2017.
- [9] K. A. L. Chandiea, "semanticscholar.org," 2016. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Pentagon-shaped-microstrip-patch-antenna-with-for-Chandiea-Anusudha/81f266d7aec6dccba66a6af8577c4ca04466f31d>. [Accessed 11 05 2018].