

Rancangan Antena Microstrip Patch Circular untuk Aplikasi 5G

Mutiara Widasari Sitopu¹, Nur Adilah², Charla Tri Selda Manik³, M. Sukri Habibi Daulay⁴, Ummu Handasah⁵, Ninca Ginting⁶

^{1,2,3,4,5,6} Politeknik Negeri Medan

Jalan Almamater No.1 Kampus USU Medan, Indonesia

e-mail: mutiarasitopu@polmed.ac.id

Abstrak— Perkembangan teknologi 5G memerlukan antenna yang mampu bekerja pada frekuensi tinggi dengan performa yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis antenna mikrostrip berbentuk circular patch yang beroperasi pada frekuensi 3.5 GHz sebagai salah satu frekuensi kerja jaringan 5G di Indonesia. Perancangan antenna menggunakan substrat FR-4 dengan metode simulasi elektromagnetik. Proses perancangan dimulai dengan perhitungan dimensi antenna secara teoritis, kemudian dilakukan simulasi dan optimasi parameter desain. Optimasi dilakukan dengan memvariasikan parameter lebar substrat (Ws) untuk mendapatkan performa antenna yang sesuai dengan spesifikasi. Parameter yang dianalisis meliputi return loss, VSWR, dan bandwidth. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter lebar substrat memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik antenna. Antena mikrostrip circular patch yang dirancang diharapkan dapat memenuhi spesifikasi untuk aplikasi komunikasi 5G.

Kata kunci : Antena Mikrostrip, Circular Patch, Teknologi 5G, Return Loss, VSWR

Abstract— The development of 5G technology requires antennas capable of operating at high frequencies with optimal performance. This research aims to design and analyze a circular patch microstrip antenna operating at 3.5 GHz frequency as one of the 5G network operating frequencies in Indonesia. The antenna design uses FR-4 substrate with electromagnetic simulation method. The design process begins with theoretical calculation of antenna dimensions, followed by simulation and optimization of design parameters. Optimization is performed by varying the substrate width (Ws) parameter to obtain antenna performance according to specifications. Parameters analyzed include return loss, VSWR, and bandwidth. The research results show that the substrate width parameter has a significant influence on antenna characteristics. The designed circular patch microstrip antenna is expected to meet specifications for 5G communication applications.

Keywords : Microstrip Antenna, Circular Patch, 5G Technology, Return Loss, VSWR

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel terus mengalami kemajuan yang pesat dari generasi ke generasi. Saat ini, teknologi 5G (Fifth Generation) telah menjadi fokus utama dalam pengembangan sistem komunikasi modern. Teknologi 5G menawarkan berbagai keunggulan dibandingkan generasi sebelumnya, seperti kecepatan data yang lebih tinggi, latensi yang lebih rendah, kapasitas jaringan yang lebih besar, serta dapat mendukung lebih banyak perangkat yang terhubung secara bersamaan. Teknologi ini diharapkan dapat mendukung berbagai aplikasi seperti Internet of Things (IoT), kendaraan otonom, telemedicine, smart city, dan berbagai layanan digital lainnya.

Di Indonesia, implementasi teknologi 5G telah dimulai dengan penggunaan beberapa pita frekuensi, salah satunya adalah frekuensi 3.5 GHz yang termasuk dalam kategori Sub-6 GHz. Frekuensi 3.5 GHz dipilih karena memiliki keseimbangan yang baik antara jangkauan sinyal dan kapasitas data.

Antena merupakan komponen penting dalam sistem komunikasi nirkabel yang berfungsi sebagai perangkat untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Dalam implementasi teknologi 5G, diperlukan antenna yang memiliki performa tinggi, dimensi yang kompak, biaya fabrikasi yang rendah, serta mudah diintegrasikan dengan sistem lainnya. Salah satu jenis antenna yang memenuhi kriteria tersebut adalah antenna mikrostrip.

II. STUDI PUSTAKA

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan jenis antena yang terdiri dari patch konduktor yang ditempatkan di atas substrat dielektrik dengan ground plane di bagian bawahnya. Antena ini memiliki beberapa keunggulan seperti bentuk yang kompak, ringan, biaya fabrikasi rendah, mudah difabrikasi, dan dapat diintegrasikan dengan rangkaian mikrostrip lainnya. Antena mikrostrip banyak digunakan dalam aplikasi komunikasi wireless modern termasuk teknologi 5G. Namun, antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu bandwidth yang sempit, gain dan directivity yang kecil, serta efisiensi yang rendah.

2.2 Antena Mikrostrip Circular Patch

Antena mikrostrip circular atau patch melingkar memiliki bentuk geometri lingkaran pada bagian patch-nya. Bentuk circular dipilih karena memiliki beberapa keuntungan seperti pola radiasi yang lebih simetris dan kemudahan dalam analisis matematis. Dimensi radius patch circular dapat dihitung menggunakan persamaan yang melibatkan frekuensi resonansi, konstanta dielektrik substrat, dan ketebalan substrat.

2.3 Teknologi 5G di Indonesia

Teknologi 5G merupakan generasi kelima dari teknologi jaringan seluler yang menawarkan kecepatan data yang lebih tinggi, latensi yang lebih rendah, dan kapasitas jaringan yang lebih besar dibandingkan generasi sebelumnya. Salah satu frekuensi kerja 5G di Indonesia adalah pada pita frekuensi 3.5 GHz (Sub-6 GHz) sesuai dengan pita frekuensi n77 menurut 3GPP yaitu pada rentang frekuensi 3.3-4.2 GHz. Perkembangan jaringan seluler 5G di Indonesia digelar secara bertahap hingga tersebar di seluruh wilayah Indonesia dengan menawarkan layanan internet lebih baik dari generasi sebelumnya.

2.4 Parameter Antena

Return Loss (S_{11}) merupakan parameter yang menunjukkan seberapa besar daya yang dipantulkan kembali ke sumber. Nilai return loss yang baik untuk aplikasi 5G adalah di bawah -10 dB, dengan nilai yang lebih negatif menunjukkan performa yang lebih baik. Beberapa penelitian menargetkan return loss di bawah -20 dB untuk performa optimal.

VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada saluran transmisi. Nilai VSWR yang ideal adalah 1, dan nilai yang dapat diterima untuk aplikasi 5G adalah di bawah 2, dengan nilai optimal di bawah 1.5.

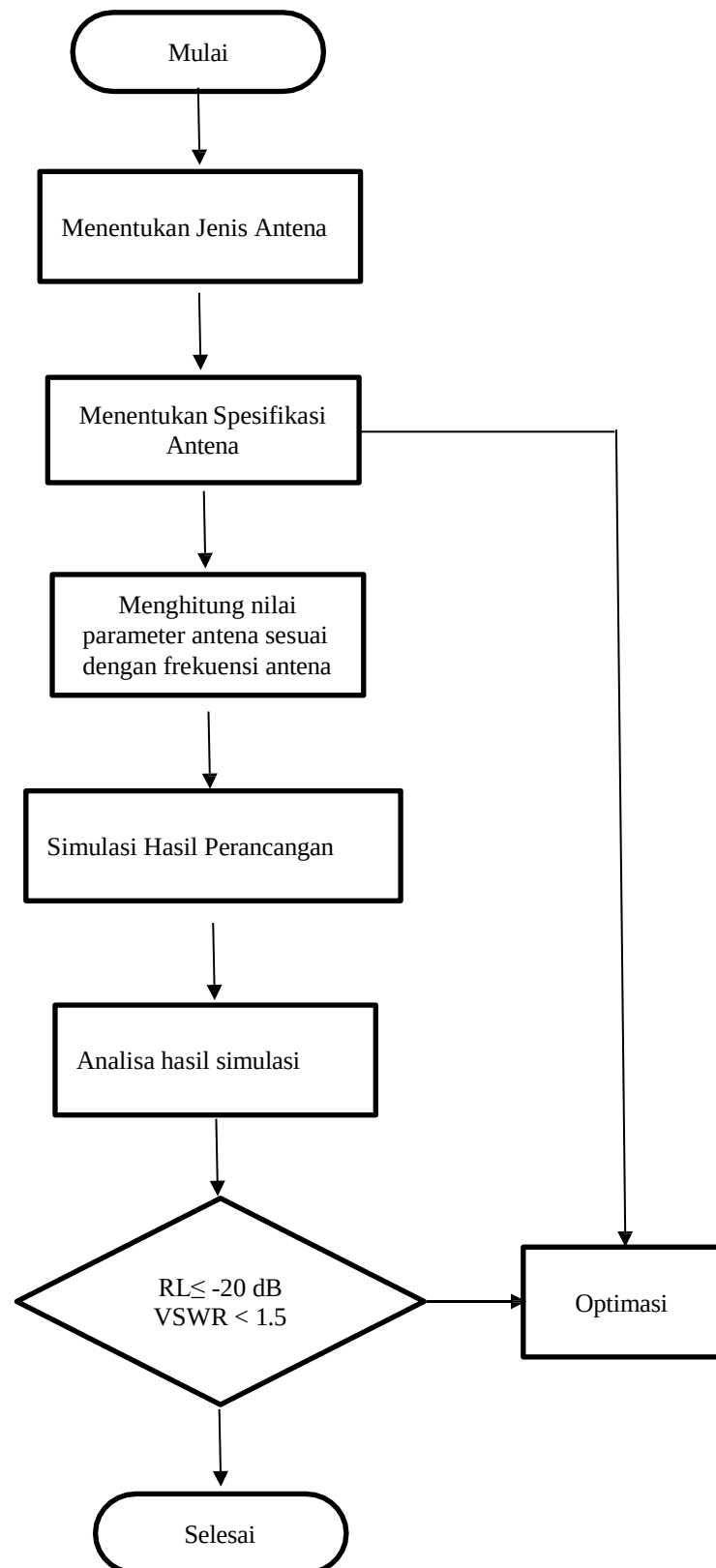
Bandwidth adalah rentang frekuensi dimana antena dapat beroperasi dengan baik, umumnya ditentukan pada titik return loss -10 dB. Untuk aplikasi 5G pada frekuensi 3.5 GHz, bandwidth minimal yang diharapkan adalah 100 MHz.

Gain menunjukkan kemampuan antena untuk mengarahkan daya radiasi pada arah tertentu. Untuk aplikasi 5G, gain yang diharapkan adalah minimal 2 dBi, dengan nilai yang lebih tinggi memberikan performa yang lebih baik.

2.5 Substrat Dielektrik

Substrat dielektrik merupakan material isolator yang digunakan sebagai lapisan antara patch konduktor dan ground plane. Parameter penting dari substrat adalah konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalan substrat (h). Material substrat yang umum digunakan adalah FR-4 Epoxy dengan nilai $\epsilon_r = 4.3$ dan ketebalan $h = 1.6$ mm. Konstanta dielektrik pada antena mikrostrip mempengaruhi kinerja antena seperti frekuensi resonansi, bandwidth, dan efis

III. METODE



3.1 Menentukan Jenis Antena

Jenis antena yang digunakan dalam perancangan ini adalah antena microstrip circular dengan jenis jaringan 5G berfrekuensi 3.5 GHz

3.2 Menentukan Spesifikasi Antena

Tabel spesifikasi Antena

Spesifikasi	Keterangan
Frekuensi Kerja	3.5 GHz
Return Loss	≤ -20 dB
VSWR	< 1.5
Gain	

3.3 Menentukan Nilai Dimensi Antena

Tahapan awal yang harus dilakukan pada perancangan antena adalah menentukan nilai parameter antenna itu sendiri. Nilai parameter antenna dapat ditentukan secara sistematis.

a. Menentukan jari-jari patch

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{fr \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{(3.5 \times 10^9) \times \sqrt{4.4}}$$

$$F = 1.1974$$

$$a = \frac{F}{\left(1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$a = \frac{1.1974}{\left(1 + \frac{2(0.0016)}{\pi(4.4)(1.974)} \left[\ln \left(\frac{\pi}{2(0.0016)} \right) + 1.7726 \right] \right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$a = \frac{F}{\left(1 + \frac{2(0.0016)}{\pi(4.4)(1.974)} \left[\ln \left(\frac{\pi}{2(0.0016)} \right) + 1.7726 \right] \right)^2}$$

$$a = \frac{1.1974}{\left(1 + 0.0001931[7.069 + 1.7726]\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$a = \frac{1.1974}{1.00853}$$

$$a = 1.1964 \text{ cm}$$

$$a = 11.964 \text{ mm}$$

- b. Menentukan panjang dan lebar saluran pencatu

$$Wp = \frac{2h}{\mu} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$Wp = \frac{2(1.6 \times 10^{-3})}{\pi 3.14} \left\{ 5.64 - 1 - \ln(2(5.64) - 1) + \frac{4.4 - 1}{2(4.4)} \left[\ln(5.64 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4.4} \right] \right\}$$

$$Wp = 1.019 \times 10^{-3} \{ 4.64 - \ln(10.28) + 0.386 [\ln(4.64) + 0.39 - 0.251] \}$$

$$Wp = 1.019 \times 10^{-3} \{ 2.646(1.785) \}$$

$$Wp = 1.019 \times 10^{-3} \{ 4.812 \}$$

$$Wp = 4.903$$

$$\epsilon_{rff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \left(1 + \frac{12h}{Wp} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_{rff} = \frac{4.4 + 1}{2} + \frac{4.4 - 1}{2} \times \left(1 + \frac{12(1.6)}{4.903} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_{rff} = 2.7 + 1.7 \times (4.91)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_{rff} = 2.7 + 1.7 \times (0.45)$$

$$\epsilon_{rff} = 3.46$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{rff}}}$$

$$\lambda_g = \frac{12.5}{\sqrt{3.46}}$$

$$\lambda_g = 6.72$$

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

$$Lp = \frac{6.72}{4}$$

$$Lp = 16.8$$

- c. Menentukan panjang dan lebar substrat

$$Ls = 2a + 6h + Lp$$

$$Ls = 2(11.96) + 6(1.6) + 16.8$$

$$Ls = 33.52 + 16.8$$

$$Ls = 50.32$$

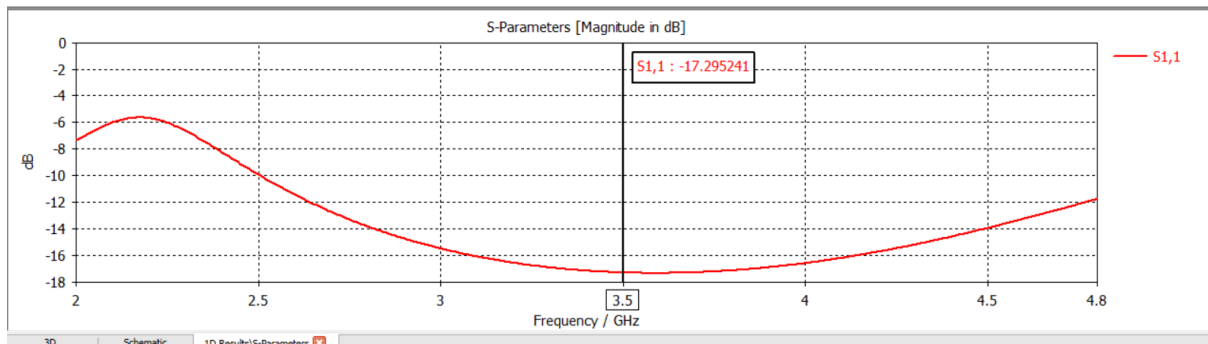
$$Ws = 2a + 6h$$

$$Ws = 2(11.96) + 6(1.6)$$

$$Ws = 33.52$$

Nama	Value	Deskripsi
t	0.035	Tinggi Patch
h	1.6	Tinggi Substrat
Wp	4.903	Radius Patch
a	11.96	Lebar Saluran Pencatu
Lp	16.80	Panjang Saluran Pencatu
Ws	33.52	Lebar Substrat
Ls	50.32	Panjang Substrat

3.4 Simulasi Hasil Perancangan



3.5 Optimasi Antena

Optimasi dilakukan karena hasil simulasi awal antena dengan menggunakan nilai dimensi perhitungan tidak memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Nilai return loss yang didapatkan belum mencapai target spesifikasi yang diinginkan, yaitu di bawah -20 dB. Oleh karena itu, proses optimasi dilakukan dengan cara mengubah nilai dimensi parameter lebar substrat (Ws) secara bertahap hingga diperoleh nilai return loss yang optimal sesuai dengan spesifikasi target.

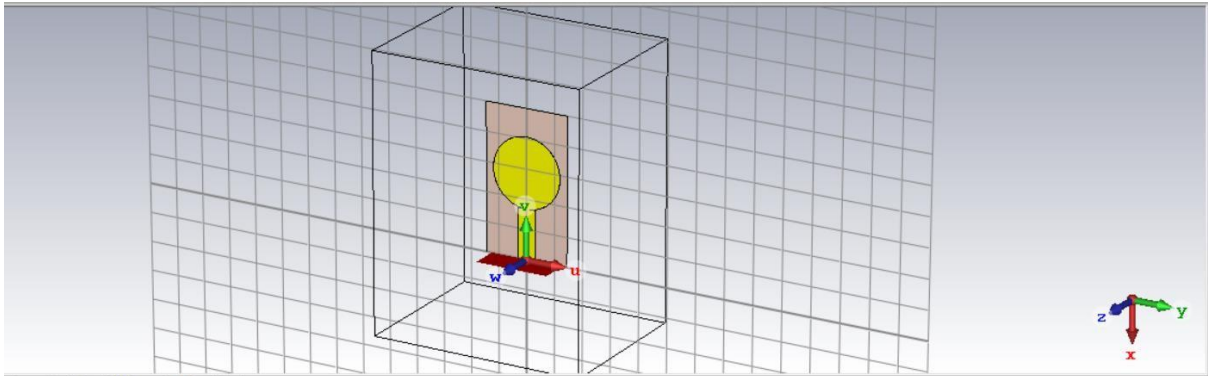
Nama	Value	Deskripsi
t	0.035	Tinggi Patch
h	1.6	Tinggi Substrat
Wp	4.903	Radius Patch
a	11.96	Lebar Saluran Pencatu
Lp	16.80	Panjang Saluran Pencatu
Ws	29	Lebar Substrat
Ls	50.32	Panjang Substrat

Dari hasil simulasi antena microstrip patch circular dengan melakukan optimasi diperoleh gain sebesar 2.96 dB

Antenna microstrip circular ini beroperasi pada frekuensi 3.5 GHz

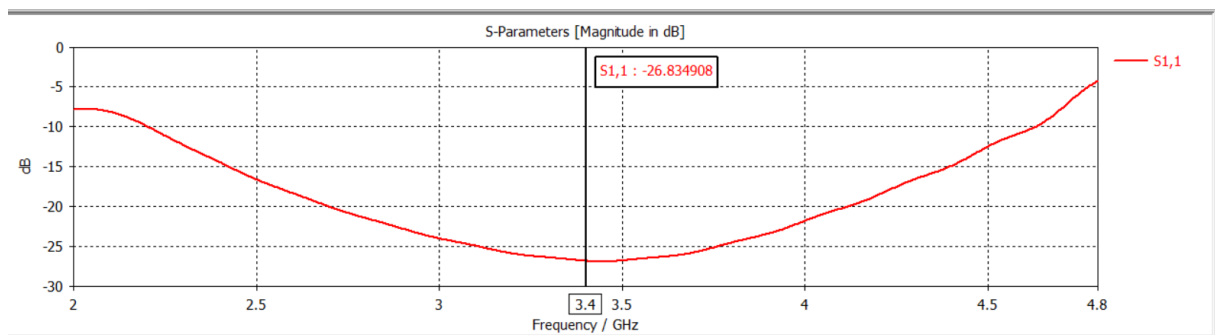
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil setelah dilakukannya simulasi dan optimasi pada antenna maka diperoleh dimensi pada antenna mikrostri circular seperti pada gambar dibawah ini

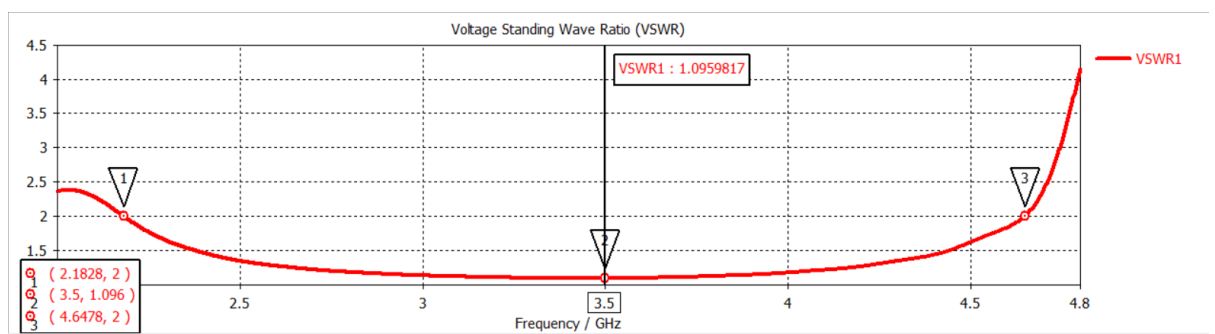


Gambar 4.1 Hasil rancangan dimensi antenna

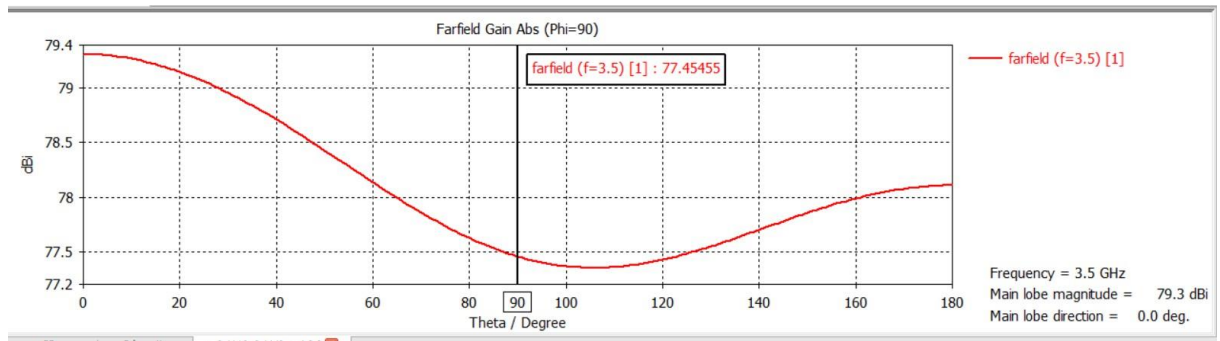
Untuk mengetahui nilai VSWR dan nilai return loss dari antenna yang telah dirancang maka dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak CST. Adapun hasilnya sebagai berikut:



Gambar 4.2 Hasil Simulasi Return Loss



Gambar 4.3 Hasil Simulasi VSWR



V. KESIMPULAN

Pada perancangan ini dibuat antenna microstrip yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz sebagai salah satu frekuensi dari jaringan 5G. Antena ini dirancang dalam bentuk circular (patch melingkar). Pada hasil simulasi, nilai return loss yang didapat sebesar -26.83 dB dan VSWR sebesar 1.09. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, yaitu return loss ≤ -20 dB dan VSWR ≤ 1.5 , yang menunjukkan bahwa antenna memiliki performa yang baik dengan kerugian daya pantul yang minimal. Parameter W_s (lebar substrat) memiliki pengaruh signifikan pada perancangan antenna. Berdasarkan hasil optimasi, pengurangan nilai parameter W_s dari 33.52 mm menjadi 29 mm menghasilkan nilai return loss sebesar -26.83 dB yang memenuhi spesifikasi target. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi dimensi substrat sangat penting untuk mengoptimalkan kinerja antenna dan meminimalkan daya pantul antenna mikrostrip circular pada frekuensi kerja 3.5 GHz.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putranto, A. Y., Alam, S., Surjati, I., Kurnia Ningsih, Y., Sari, L., & Paristiawan, P. A. (2023). Perancangan Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Inset-Feed dan Array pada Frekuensi 3.5 GHz untuk Sistem Komunikasi 5G. *Techne: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 22(1), 129-142. <https://doi.org/10.31358/techne.v22i1.353J>. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [2] Fadhlurrohman, M. A., & Kristyawati, D. (2023). Perancangan dan Analisa Antena Mikrostrip Patch 3.5 GHz Menggunakan Software CST Studio Suite 2022 untuk Teknologi 5G. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(2), 37-50. <https://doi.org/10.56127/juit.v2i2.770>
- [3] Madiawati, H., Sumpena, M. R., & Elisma. (2021). Antena Mikrostrip Rectangular Array 4x2 Elemen dengan Metode Inset Feed pada Frekuensi 3.5 GHz untuk Aplikasi 5G. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 6(2).
- [4] Putranto, A. Y., Alam, S., Surjati, I., Kurnia Ningsih, Y., Sari, L., & Paristiawan, P. A. (2023). Perancangan Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Inset-Feed dan Array pada Frekuensi 3.5 GHz untuk Sistem Komunikasi 5G. *Techne: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 22(1), 129-142. <https://doi.org/10.31358/techne.v22i1.353>