JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jite> DOI : 10.31289/jite.v5i2.5650

Received: 30 November 2021

Accepted: 05 January 2022

Published: 26 January 2022

Miniaturization of Microstrip Antenna Using Spiral labyrinth Method at Frequency of Work 3.5 GHz

Diah Setiyowati¹⁾, Syah Alam²⁾ * & Indra Surjati³⁾

1,2,3) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Indonesia

*Corresponding Email: syah.alam@trisakti.ac.id

Abstrak

Seiring dengan berkembangnya zaman, teknologi komunikasi berkembang hingga saat ini masuk pada Sistem Komunikasi Generasi Kelima (5G). Pada sistem komunikasi 5G dibagi menjadi tiga kategori frekuensi, yaitu *low band*, *middle band* dan *high band*. Salah satu perangkat penting dalam bidang telekomunikasi adalah antenna. Antena berfungsi untuk mengirim dan menerima sinyal elektromagnetik pada frekuensi kerja tertentu. Saat ini, antena sudah diintegrasikan secara menyeluruh pada kebutuhan masyarakat *modern*. Salah satu jenis antena yang dapat menunjang kebutuhan teknologi masa kini adalah antena mikrostrip. Antena ini memiliki beberapa keunggulan terutama disain yang kompak dan ukuran yang kecil, konfigurasi yang *low profile* dan biaya pabrikan yang terjangkau. Pada artikel ini dirancang antena mikrostrip dengan metode spiral *labyrinth* yang bekerja pada frekuensi 3,5 GHz untuk sistem komunikasi 5G. Antena yang diusulkan dirancang menggunakan substrat RT Duroid R5880 dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) 2,2, rugi-rugi dielektrik (*loss tan*) 0,0009 dan ketebalan (*h*) 1,57 mm. Hasil simulasi menunjukkan koefisien refleksi -29,58 dB, VSWR 1,069, gain 6,432 dB pada frekuensi 3,5 GHz. Metode spiral *labyrinth* berhasil mereduksi dimensi *patch* antena dan *enclosure* masing-masing 22,5 % dan 24,8 %.

Kata Kunci: 5G, miniaturisasi, antena, mikrostrip, spiral labyrinth

Abstract

Along with the times, communication technology has developed so that it is currently included in the Fifth Generation (5G) Communication System. The 5G communication system is divided into three frequency categories, namely *low band*, *middle band* and *high band*. One of the important devices in the telecommunications sector is the antenna. Antenna serves to send and receive electromagnetic signals at a certain working frequency. Currently, antennas have been completely integrated into the needs of modern society. One type of antenna that can support the needs of today's technology is a microstrip antenna. This antenna has several advantages, especially in its antenna compact design, low profile configuration and affordable manufacturing costs. In this article, a microstrip antenna is designed with the spiral *labyrinth* method that works at a frequency of 3.5 GHz for 5G communication system. Proposed antenna designed using RT Duroid R5880 with dielectric constant (ϵ_r) 2.2, dielectric loss (*loss tan*) 0.0009 and thickness (*h*) 1.57 mm. The simulation results show the reflection coefficient -29.58 dB, VSWR 1.069, gain 6.432 dB at frequency of 3.5 GHz. Spiral *labyrinth* has been successfully reduced patch antenna and enclosure until 22.5% and 24.8%, respectively.

Keywords: 5G, miniaturization, microstrip, antenna, spiral labyrinth

How to Cite: Setiyowati, D., Alam, S., & Surjati, I. (2022). Miniaturization of Microstrip Antenna Using Spiral labyrinth Method at Frequency of Work 3.5 GHz. *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)*, 5(2), 520-531.

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi komunikasi saat ini berkembang sangat pesat. Jika dulu jaringan komunikasi mengandalkan kabel tembaga sebagai media transmisi, saat ini sudah berkembang dan beralih ke serat optik dan gelombang mikro sebagai media transmisinya. Hal ini didasari kebutuhan akan komunikasi yang cepat dan efisien. Teknologi telekomunikasi seperti pada komunikasi satelit, komunikasi data, internet dan komunikasi seluler menjadi salah satu bidang yang menjadi tumpuan untuk mewujudkan kelancaran

berkomunikasi. Berdasarkan *The World Radiocommunication Conference* (WRC) tidak menentukan frekuensi tertentu yang akan digunakan, namun terdapat kesamaan untuk peluncuran 5G di Eropa dan Asia bahwa akan menggunakan spektrum frekuensi 3,5 GHz. Frekuensi ini ideal untuk dikembangkan untuk layanan pada daerah perkotaan dengan kebutuhan kinerja trafik data yang tinggi. (Mustakim, 2019)

Salah satu perangkat penting dalam bidang telekomunikasi adalah antenna. Antena berfungsi untuk mengirim dan menerima sinyal elektromagnetik. Sebagai pengirim antenna mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan sebagai penerima mengubah gelombang elektromagnetik menjadi sinyal listrik. (Solehudin et al., 2021). Salah satu jenis antenna yang dapat menunjang kebutuhan teknologi masa kini adalah antenna mikrostrip (Yu et al., 2018). Antena ini memiliki beberapa keunggulan terutama pada rancangan antenanya yang mempunyai bobot yang ringan dan ukuran yang kecil, konfigurasi yang low profile dan biaya pabrikan yang terjangkau (Rizqa et al., 2020).

Pada penelitian sebelumnya (Ramli et al., 2020) telah berhasil dirancang antenna mikrostrip pada frekuensi 3.5 GHz bentuk *rectangular* dengan dimensi 47 mm x 31,698 mm, namun dimensi yang dihasilkan masih cukup besar sehingga perlu dilakukan miniaturisasi. Miniaturisasi akan menghasilkan dimensi antenna yang lebih kecil sehingga dimensi antenna menjadi lebih kompak agar lebih mudah ditempatkan (fleksibel). Beberapa metode yang telah dikembangkan untuk mereduksi dimensi antenna mikrostrip antara lain *slot* (Islam et al., 2020), *slit* (Syah Alam et al., 2021), fraktal (Syah Alam & Surya, 2017) dan spiral (Yu et al., 2018). Penelitian yang diusulkan oleh (Alam et al., 2018) telah berhasil mereduksi antenna dengan metode *slot* dan mereduksi dimensi antenna sebesar 17,87%. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Putra et al., 2018) telah berhasil mereduksi antenna dengan metode *slit* dan mereduksi dimensi antenna sebesar 30%. Penelitian lainnya oleh (Syah Alam & Surya, 2017) telah berhasil mereduksi antenna dengan metode fraktal dan mereduksi dimensi antenna sebesar 36%. Penelitian (Surjati et al., 2019) telah berhasil mereduksi antenna dengan metode spiral *labyrinth* dan mereduksi dimensi antenna sebesar 62,2%. Penelitian yang dilakukan (Helmi, 2016) telah berhasil mendisain antenna planar menggunakan metode spiral yang bekerja pada frekuensi 2,4 – 2,5 GHz. Antena menghasilkan *return loss* - 25 dB, VSWR 1,29 dan *bandwidth* 175 MHz. Dengan menggunakan metode spiral resonator, berhasil mereduksi dimensi antenna sebesar 58,40%. Penelitian yang dilakukan oleh (Surjati et al., 2019) telah berhasil mendisain antenna mikrostrip dengan metode spiral *labyrinth* pada frekuensi 586 MHz. Antena hasil penelitian dapat diaplikasikan *Digital Video Broadcasting Technology* (DVB-T). Antena menghasilkan *return loss* - 14,15 dB, VSWR 1,54 dan *bandwidth* 117 MHz. Dengan menggunakan metode spiral *labyrinth*, berhasil mereduksi dimensi antenna sebesar 62,2%.

Dari beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode spiral *labyrinth* berhasil mereduksi dimensi antenna. Pada penelitian ini akan dirancang antenna mikrostrip bentuk *rectangular* dengan metode spiral *labyrinth* untuk mereduksi dimensi antenna. Penelitian ini berkontribusi untuk menghasilkan disain antenna mikrostrip yang memiliki dimensi yang kompak dan dapat dikembangkan untuk sistem komunikasi generasi kelima (5G).

II. STUDI PUSTAKA

A. Konsep Dasar Antena

Sistem telekomunikasi radio terdiri dari perangkat transmitter dan receiver. Transmitter berfungsi membangkitkan sinyal RF. Setelah sinyal RF dibangkitkan selanjutnya diradiasikan melalui ruang bebas menuju receiver. Perangkat yang melakukan proses radiasi ini disebut antenna. Energi sinyal dari transmitter dikirimkan melalui media udara dengan menggunakan antenna pengirim, dan energi sinyal akan di tangkap pada receiver menggunakan antenna penerima. (Firdaus Nursal & Yulindon, 2008)

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antenna yang sangat populer digunakan untuk perangkat telekomunikasi, karena bentuk dan ukurannya yang sangat tipis atau kecil. Antena mikrostrip adalah antenna yang terdiri dari atas elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang diletakkan dibidang pertanahan (ground plane), dimana antara bidang tersebut dengan elemen radiasi (konduktor) dipisahkan oleh substrat dielektrik dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) tertentu. Nilai konstanta dielektrik suatu PCB berkisar antara $2,2 \leq (\epsilon_r) \leq 12$. Untuk performansi antenna pemilihan substrat sangat berpengaruh. Semakin tebal

substrat maka permitifitasnya semakin kecil sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya. (Firdaus Nursal & Yulindon, 2008)

C. Antena Mikrostrip Rectangular Patch

Antena mikrostrip *rectangular patch* merupakan sebuah antena yang *patchnya* berbentuk seperti persegi panjang (*rectangular*). Memiliki nilai panjang dan lebar masing-masing adalah L (*length*) dan W (*width*). Untuk menghitung dimensi dari antena mikrostrip bentuk *rectangular* dapat menggunakan persamaan berikut : (Rizqa et al., 2020)

$$1. \text{ Lebar patch (Width) : } W = \frac{c}{2f\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \quad (1)$$

$$2. \text{ Panjang patch (Length) : } L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2)$$

$$3. \text{ Panjang efektif : } L_{eff} = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

$$4. \text{ Konstanta dielektrik efektif : } \epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$5. \text{ Panjang tambahan patch : } \Delta_L = 0.412 \times h \frac{(\epsilon_{reff}+0.3)\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{reff}-0.258)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)} \quad (5)$$

$$6. \text{ Lebar saluran mikrostrip : } W_z = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r-1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (6)$$

$$7. \text{ Nilai B : } B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (7)$$

Keterangan :

W = Lebar patch

Δ_L = Panjang tambahan patch

L = Panjang patch

W_z = Lebar saluran mikrostrip

C = Kecepatan cahaya

ϵ_r = Nilai konstanta dielektrik

L_{eff} = Panjang efektif

B = nilai B

ϵ_{reff} = Konstanta dielektrik efektif

D. Faktor Refleksi

Faktor Refleksi merupakan suatu parameter yang digunakan untuk mengetahui daya yang hilang dan tidak kembali. Nilai faktor refleksi yang baik untuk sebuah antena adalah ≤ -10 dB, nilai tersebut menunjukkan bahwa gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan nilai gelombang yang dikirimkan. (Alaydrus, 2011)

E. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) adalah perbandingan gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan yaitu (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ). (Firdaus Nursal & Yulindon, 2008)

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (8)$$

F. Gain

Gain atau penguatan daya menunjukkan seberapa efisien daya yang tersedia di terminal input antena ditransmisikan. Satuan pengukuran gain (G) adalah dB. Jika diambil mempertimbangkan antena isotropik maka diwakili dalam dBi. Gain (G) dan directivity (D) saling terkait dengan efisiensi antena (η). Gain dapat dihitung dengan persamaan: (S Alam & Wibisono, 2017)

$$G = \eta \cdot D \quad (9)$$

G. 5G (Fifth Generation)

Teknologi generasi kelima (5G) merupakan teknologi generasi terbaru yang memiliki visi konektivitas yang stabil, kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan 4G, *bandwidth* yang lebih besar, tingkat latency yang rendah dengan keamanan tingkat tinggi. Teknologi 5G diprediksi memiliki kecepatan sekitar 800 Gbps, atau seratus kali lebih cepat dari kecepatan generasi sebelumnya. Dengan kecepatan seperti itu, teknologi 5G bisa memungkinkan untuk mengunduh 33 film High Definition hanya dalam beberapa detik. (Awangga, 2015)

H. Spiral Labyrinth

Spiral adalah sebuah antena yang umum digunakan dalam desain antena frekuensi independen. Pita operasi antena spiral diperpanjang ke rentang frekuensi yang lebih rendah dengan desain yang tepat. Sehingga banyak digunakan dalam desain antena pita lebar dan antena miniaturisasi. (Yu et al., 2018)

Antena spiral *labyrinth* adalah sebuah antena spiral yang berbentuk seperti *labyrinth*. Pengertian *labyrinth* sendiri adalah sebuah sistem jalur yang rumit dan berliku-liku. Jadi antena spiral *labyrinth* berbentuk sebuah jalur yang terdiri dari beberapa lilitan.

III. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Dalam perancangan Antena Spiral *labyrinth* pada frekuensi 3.5 GHz dilakukan beberapa langkah untuk memperoleh rancangan antena yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Beberapa langkah yang dilakukan, yaitu:

1. Menentukan karakteristik antena yang diinginkan serta jenis material PCB (substrate) yang akan digunakan.
2. Menentukan frekuensi kerja, melakukan perhitungan dimensi *patch* dan menentukan dimensi saluran pencatu untuk antena yang akan dirancang.
3. Melakukan perancangan antena elemen tunggal (konvensional) menggunakan AWR Microwave Office 2009 yang menghasilkan frekuensi, koefisien refleksi, VSWR dan gain yang dibutuhkan. Dan melakukan optimasi sampai hasil yang didapatkan sesuai dengan parameter yang dibutuhkan.
4. Merancang Antena Mikrostrip dengan Metode Spiral *labyrinth* menggunakan AWR Microwave Office 2009 yang menghasilkan frekuensi, koefisien refleksi, VSWR, gain dan mendapatkan hasil dari reduksi antena. Melakukan optimasi sampai hasil yang didapatkan sesuai dengan parameter yang dibutuhkan.
5. Membuat Analisa sesuai hasil yang didapatkan pada simulasi antena yang telah dilakukan.

B. Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan dari kegiatan penelitian yang diusulkan dalam paper ini adalah :

1. Menentukan frekuensi kerja, melakukan perhitungan dimensi *patch* dan menentukan dimensi saluran pencatu untuk antenna yang akan dirancang.
2. Melakukan perancangan antenna elemen tunggal menggunakan AWR *Microwave Office 2009* yang menghasilkan frekuensi, *Return Loss*, VSWR dan gain yang dibutuhkan. Dan melakukan optimasi sampai hasil yang didapatkan sesuai dengan parameter yang dibutuhkan.
3. Merancang Antena Mikrostrip dengan Metode Spiral *Labyrinth* menggunakan AWR *Microwave Office 2009* yang menghasilkan frekuensi, *Return Loss*, VSWR, *gain* dan mendapatkan hasil dari meminiaturisasi antenna.
4. Melakukan optimasi sampai hasil yang didapatkan sesuai dengan parameter yang dibutuhkan.
5. Membuat analisa sesuai hasil yang didapatkan pada simulasi antenna yang telah dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Dimensi Antena Konvensional

Pada penelitian ini, tahapan pertama penelitian adalah merancang sebuah antenna konvensional yang mampu bekerja pada frekuensi 3,5 GHz. Berikut perhitungan dari antenna konvensional yang dirancang dengan menggunakan persamaan (1) sampai (7).

$$W_p = \frac{C}{2f\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 3,5 \times 10^9 \sqrt{\frac{2,2+1}{2}}} = \frac{3 \times 10^8}{7 \times 10^9 \times 1,264} = 33,8 \text{ mm}$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L = 29.71 - 1.6542 = 28,0552 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \frac{C}{2f\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 3,5 \times 10^9 \sqrt{2,08072}} = 29.71 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W}\right]^{-\frac{1}{2}} = 1,6 + 0,6[1 + 12 \times 0,0465]^{-\frac{1}{2}} = 2,08072$$

$$\Delta_L = 0,412 \times h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} = \mathbf{0,827}$$

$$W_z = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} = \mathbf{5,52 \text{ mm}}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{60 \times (3,14)^2}{50\sqrt{2,08072}} = \mathbf{8,004}$$

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan dari persamaan (2.1) sampai (2.7), maka dilakukan simulasi menggunakan *software* AWR *Microwave Office* 2009. Hasil simulasi yang didapatkan dilakukan optimasi agar menghasilkan parameter yang dibutuhkan sesuai spesifikasi antenna. Berikut akan dijelaskan antenna yang sudah di optimasi.

B. Desain Antena dan Ukuran Antena Konvensional Setelah di Optimasi

Desain dari antenna konvensional yang telah dirancang berdasarkan hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 4.1.

Gambar 4. 1 Desain Antena Konvensional; (a). Tampak Depan, (b). Tampak Belakang.

Tabel 4.1 Ukuran Antena Konvensional.

No	Deskripsi	Ukuran Antena
1	Wp	35,8 mm
2	Lp	28,05 mm
3	Wg	50 mm
4	Lg	50 mm
5	Wz	5 mm
6	Lz	17,7 mm
7	Konstanta Dielektrik (Er)	2,2
8	Ketebalan Substrat	1,57 mm

C. Perancangan Antena Mikrostrip Spiral Labyrinth

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, didapatkan desain antenna mikrostrip dengan metode spiral *labyrinth* pada Gambar 4.2 (a) dan Gambar 4.2 (b).

Gambar 4.2 Disain Antena Spiral labyrinth ; (a). Tampak Depan, (b). Tampak Belakang.

Tabel 4.3 Ukuran Antena Spiral labyrinth .

No	Deskripsi	Ukuran Antena
1	Wp	27,4 mm
2	Lp	28,4 mm
3	Wg	40 mm
4	Lg	47 mm
5	Wz	6 mm
6	Lz	17,3 mm
7	Ws1	2 mm
8	Ws2	2,7 mm
9	Gap	1 mm
10	Konstanta Dielektrik (Er)	2,2
11	Ketebalan Substrat	1,57 mm

D. Iterasi Antena Spiral Labyrinth Mengontrol Jumlah Spiral

Setelah didapatkan simulasi yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan, maka dilakukan pengontrolan jumlah pada spiral antena spiral *labyrinth* dengan mengontrol jumlah spiral dari 1 spiral, 2 spiral, 3 spiral dan 4 spiral. Hasil simulasi dari proses optimasi ditunjukkan pada gambar 4.3 , gambar 4.4 dan gambar 4.5

Gambar 4.3 Hasil koefisien refleksi mengontrol jumlah spiral.

Gambar 4.4 Hasil VSWR mengontrol jumlah spiral.

Gambar 4.5 Hasil gain mengontrol jumlah spiral.

Tabel 4.4 Perbandingan hasil simulasi mengontrol jumlah spiral.

Parameter	Frekuensi (GHz)	1 spiral	2 spiral	3 spiral	4 spiral
Koefisien Refleksi (dB)	3,5	-1,035	-2,101	-29,58	-1,476
VSWR		16,77	8,312	1,069	8,288
Gain (dB)		7,1	4,2	6,4	3,9

E. Iterasi Antena Spiral Labyrinth Mengontrol Lebar Gap

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, untuk spiral antena spiral *labyrinth* yang paling sesuai yaitu tiga spiral. Mengacu pada simulasi tersebut, maka pada simulasi ini ukuran *gap* dikontrol agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi antena. Hasil simulasi dari proses iterasi lebar *gap* ditunjukkan pada gambar 4.7, gambar 4.8 dan gambar 4.9.

Gambar 4.6 Perbandingan nilai koefisien refleksi mengontrol ukuran gap .

Gambar 4.7 Perbandingan nilai VSWR mengontrol ukuran gap .

Gambar 4.8 Perbandingan nilai gain mengontrol ukuran gap .

Tabel 4.5 Perbandingan hasil simulasi mengontrol ukuran *gap* .

Parameter	Frekuensi	0,5 mm	1 mm	1,5 mm	2 mm	2,5 mm
Koefisien Refleksi (dB)	3,5	-3,395	-29,58	-2,09	-1,459	-1,091
VSWR		5,187	1,069	8,355	11,93	15,94
Gain(dB)		6,757	6,432	4,503	4,434	2,474

F. Perbandingan Simulasi Antena Konvensional dan Antena Spiral Labyrinth

Setelah dilakukan simulasi terhadap antena konvensional dan antena spiral *labyrinth* , maka didapatkan nilai koefisien refleksi seperti Gambar 4.9.

Gambar 4.9 Perbandingan Koefisien Refleksi Antena Konvensional dan Antena Spiral labyrinth .

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa koefisien refleksi dari antena spiral *labyrinth* menghasilkan koefisien refleksi yang lebih baik dibandingkan dengan antena konvensional, namun *bandwidth* yang dihasilkan menjadi lebih sempit, Hal ini disebabkan efek penggunaan spiral yang merubah nilai permitivitas dari antena yang diusulkan. Selanjutnya perbandingan hasil simulasi VSWR dari kedua antena ditunjukkan pada gambar 4.10

Gambar 4.10 Perbandingan VSWR Antena Konvensional dan Antena Spiral labyrinth .

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa penambahan spiral *labyrinth* berhasil mereduksi nilai VSWR antenna dari 1,477 menjadi 1,069 pada frekuensi kerja 3,5 GHz, Hal ini menunjukkan bahwa antenna telah bekerja sesuai dengan kriteria $VSWR \leq 2$. Perbandingan simulasi gain dan pola radiasi dari kedua antenna yang diusulkan ditunjukkan pada gambar 4.11 dan gambar 4.12.

Gambar 4.11 Perbandingan Gain Antena Konvensional dan Antena Spiral labyrinth .

Gambar 4.12 Perbandingan Pola Radiasi Antena Konvensional dan Antena Spiral labyrinth .

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa penambahan spiral *labyrinth* menghasilkan gain yang lebih rendah dibandingkan dengan antenna konvensional. Hal ini disebabkan adanya reduksi dimensi yang dihasilkan akibat penambahan spiral *labyrinth* pada antenna yang diusulkan. Antenna dengan spiral labyrinth menghasilkan pola radiasi *broadside* dengan sudut pancar yang jauh lebih sempit dan jarak yang lebih terbatas dibandingkan dengan antenna konvensional. Hal ini sesuai dengan gain yang dihasilkan dari antenna spiral *labyrinth* yang mengalami penurunan performansi. Selanjutnya, perbandingan reduksi dimensi dari antenna pada saat sebelum dan sesudah ditambahkan spiral *labyrinth* ditunjukkan pada gambar 4.13.

Gambar 4.13 Perbandingan Dimensi Antena ; (a) Konvensional , (b) Spiral labyrinth

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa penambahan spiral *labyrinth* berhasil mereduksi dimensi dari antenna konvensional. Dimensi dari *enclosure* antenna konvensional adalah 50 mm x 50 mm berhasil direduksi

menjadi 40 mm x 47 mm. Selanjutnya, dimensi dari *patch* antenna konvensional adalah 35,28 mm x 28,05 mm berhasil direduksi menjadi 27,4 mm x 28,4 mm. Hal ini menunjukkan bahwa reduksi dari dimensi antenna konvensional berhasil didapatkan setelah menggunakan metode spiral *labyrinth*. Perbandingan keseluruhan dari kedua antenna yang diusulkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 4.6

Tabel 4.7 Perbandingan Simulasi Antena Konvensional dan Spiral Labyrinth pada Frekuensi 3.5 GHz

Parameter	Antena Konvensional	Antena Spiral labyrinth
Koefisien Refleksi	-14,30 dB	-29,58 dB
VSWR	1,477	1,069
Gain	6,811 dB	6,432 dB
Dimensi Enclosure	50 mm x 50 mm	40 mm x 47 mm
Dimensi Patch	35,28 mm x 28,05 mm	27,4 mm x 28,4 mm
Pola Radiasi	Omnidirectional	Omnidirectional

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa penambahan spiral *labyrinth* berhasil mereduksi dimensi dari *enclosure* dan *patch* antenna masing-masing 24,8 % dan 22,5 %. Selanjutnya untuk koefisien refleksi berhasil ditingkatkan sampai dengan 104,8 % dibandingkan dengan antenna konvensional. Pola radiasi dari antenna spiral *labyrinth* adalah *Omnidirectional* yang bersifat *broadside*.

V. SIMPULAN

Penelitian ini mengusulkan antenna mikrostrip dengan metode spiral *labyrinth* untuk mereduksi dimensi dan meningkatkan performansi dari antenna. Dimensi dari spiral *labyrinth* yang digunakan dengan *gap* 1 mm dan jumlah spiral yang digunakan adalah tiga. Dari hasil simulasi didapatkan reduksi dimensi dari *enclosure* dan *patch* antenna masing-masing 24,8 % dan 22,5 %. Selanjutnya untuk koefisien refleksi berhasil ditingkatkan sampai dengan 104,8 % dibandingkan dengan antenna konvensional. Disain antenna ini dapat dijadikan rekomendasi sebagai antenna penerima pada sistem komunikasi 5G.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, S., & Wibisono, I. (2017). Pengantar Antena dan Propagasi: Konsep Dasar dan Teori. *Jakarta: UTA*, 45, 22–24.
- Alam, Syah, Sari, L., Surjati, I., & Onasie, N. (2021). Miniaturisasi Antena Mikrostrip Pencatu Ganda Menggunakan Metode Peripheral Slit. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 17(1), 15–19. <https://doi.org/10.17529/jre.v17i1.17717>
- Alam, Syah, & Surya, E. (2017). Miniaturisasi Antena Mikrostrip dengan Desain Fraktal untuk Aplikasi Global Positioning System. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 2(2), 71–77.
- Alaydrus, M. (2011). *Antena: Prinsip dan Aplikasinya*. Pertama. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Awangga, F. S. (2015). Kajian Awal 5G Indonesia. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Sumber Daya Dan Perangkat Pos Dan Informatika, Indonesia, Halaman*, 97–114.
- Firdaus Nursal, & Yulindon. (2008). Teori dan Perancangan Antena. *Archipel*, 101.
- Helmi, R. Z. (2016). PERANCANGAN ANTENA PLANAR MENGGUNAKAN STRUKTUR SPIRAL RESONATOR (SR) SEBAGAI INKLUSI MAGNETIK TIRUAN UNTUK APLIKASI FREKUENSI 2, 4, 2, 5 GHz. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- Islam, M. T., Islam, S. S., Rocky, A. S., Alam, A., Chy, M. H., & Faruque, M. R. I. (2020). Design of a microstrip *patch* sensor antenna for the measurement of permittivity. *Materials Today: Proceedings*, 42(February), 1341–1344. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.1192>
- Mustakim, H. U. (2019). Tantangan Implementasi 5G di Indonesia. *INTEGER: Journal of Information Technology*, 4(2).
- Putra, R. B., Alam, S., & Surjati, I. (2018). Perancangan Antena Mikrostrip Segiempat Peripheral Slit untuk Aplikasi 2,4Ghz dengan Metode Pencatutan Proximity Coupled. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 7(1), 38. <https://doi.org/10.25077/jnte.v7n1.520.2018>
- Ramli, N., Noor, S. K., Khalifa, T., & Abd Rahman, N. H. (2020). Design and performance analysis of different dielectric substrate based microstrip *patch* antenna for 5G applications. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(8), 77–83. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110811>

- Rizqa, F., Arseno, D., & Yunita, T. (2020). Analisis dan Desain Antena Mikrostrip untuk Komunikasi Satelit pada Frekuensi Ka-Band. *Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, Controls*, 2(1), 1–12.
- Solehudin, F., Aulia, Z., Alam, S., Sari, L., & Surjati, I. (2021). *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering) Design of 2x1 MIMO Microstrip Antenna Using Slit and Inset Technique For 5G Communication*. 5(July).
- Surjati, I., Alam, S., & Karnadi, J. (2019). Design of spiral *labyrinth* microstrip antenna for DVB-T application. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 17(1), 76–85.
- Yu, S., Zhang, H., & Yu, D. (2018). Miniaturized circularly polarized antenna by the spiral slots on the ground plane. *2017 IEEE 6th Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation, APCAP 2017 - Proceeding*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/APCAP.2017.8420330>
- Alam, Syah, Surjati, I, Ningsih, Y.K., & Tjahjadi, G. (2020). Efek Penambahan Beban U Slot Pada Antena Mikrostrip Polarisasi Melingkar Untuk Aplikasi 4g/Lte. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI) VI Tahun 2018.