JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jite> DOI : 10.31289/jite.v5i2.5944

Received: 30 November 2021

Accepted: 05 January 2022

Published: 26 January 2022

Microstrip Antenna Reflection Coefficient with X Slot Addition Method for 5G Connection

Yessi Kartini Gultom1)*, Syah Alam 2), & Indra Surjati 3)

1) Mahasiswa Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Indonesia

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

*Corresponding Email: yessi162012000003@std.trisakti.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi seluler saat ini sudah memasuki generasi ke 5 (5G), generasi ke 5 ini menyediakan 3 jenis layanan eMBB services (enhanced Mobile BroadBand), URLLC services (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications) dan mMTC (massive Machine Type of Communications). Salah satu perangkat penting dalam teknologi 5G adalah perangkat antenna yang mampu mendukung ke 3 layanan tersebut. Teknologi 5G membutuhkan antenna yang mempunyai performansi tinggi. Jenis antenna ada berbagai macam salah satunya adalah antenna mikrostrip. Antena mikrostrip adalah salah satu antenna yang paling banyak digunakan dalam telekomunikasi karena massanya yang ringan, dimensi nya yang kecil dan mudah dipabrikasi. Ada berbagai cara atau metode yang bisa dilakukan untuk mengatasi bandwidth yang cenderung sempit pada antenna mikrostrip, yaitu dengan menambah ketebalan substrate, menggunakan elemen parasitik, memperkecil nilai konstanta dielektrik, menambahkan inset pada pencatu, atau dengan melakukan modifikasi patch yaitu dengan menambahkan slot pada patch antenna. Pada penelitian ini untuk memperbaiki nilai performansi antenna mikrostrip peneliti membahas mengenai peningkatan koefisien refleksi dengan metode penambahan X Slot pada antenna mikrostrip dengan frekuensi kerja 3.5 GHz untuk komunikasi 5G. Hasil dari penelitian ini didapatkan peningkatan koefisien refleksi sebesar 67%, dan peningkatan bandwidth sebesar 5%.

Kata Kunci: 5G, antenna, mikrostrip, koefisien refleksi, slot

Abstract

The development of cellular technology has now entered the 5th generation (5G), this 5th generation provides 3 types of services, eMBB (enhanced Mobile BroadBand), URLLC (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications) and mMTC (massive Machine Type of Communications). One of the important devices in 5G technology is an antenna device which is able to support these 3 services. 5G technology requires an antenna that has high performance. There are various types of antennas, one of which is a microstrip antenna. Microstrip antenna is one of the most widely used antennas in telecommunications because of its light mass, small dimensions and easy fabrication. There are various ways or methods that can be done to overcome the narrow bandwidth of microstrip antennas, by increasing the thickness of the substrate, using parasitic elements, reducing the value of the dielectric constant, adding inserts to the feeder, or by modifying the patch by adding slots on the patch antenna. In this study to improve the performance value of the microstrip antenna, the researchers discussed increasing the reflection coefficient by adding X Slots to a microstrip antenna with a working frequency of 3.5 GHz for 5G communication. The results of this study showed an increase in the reflection coefficient of 67%, and an increase in bandwidth of 5%.

Keywords: 5G, antenna, microstrip, reflection coefficient, slot

How to Cite: Gultom, Y. K., Alam, S., & Surjati, I. (2022). Microstrip Antenna Reflection Coefficient with X Slot Addition Method for 5G Connection. *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)*, 5(2), 532–544.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi seluler sudah memasuki generasi ke 5 (5G). Dimana teknologi 5G ini menyediakan 3 jenis layanan yaitu eMBB services (enhanced Mobile BroadBand), URLLC services (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications) dan mMTC (massive Machine Type of Communications). Layanan eMBB adalah layanan yang mampu memberikan kecepatan internet yang sangat tinggi, yakni

downlink hingga 20 Gbit/detik dan uplink hingga 10 Gbit/detik. Layanan URLLC membutuhkan kehandalan tinggi (99,999%) dan latency < 1 mili detik. Layanan mMTC ditujukan untuk melayani perangkat serentak dalam jumlah yang banyak (1 juta koneksi per km²) (You et al., 2019). Indonesia terdapat opsi alokasi frekuensi untuk 5G. Pada Upper Band 26 GHz, Middle Band 2.6-3.5 GHz, dan Lower Band 700-800 MHz (Dinas Kominfo, 2016). Salah satu perangkat penting dalam teknologi 5G adalah perangkat antenna yang mendukung kinerja jaringan teknologi 5G. Jenis antenna bermacam-macam salah satunya adalah antenna mikrostrip.

Antena mikrostrip merupakan antenna yang memiliki massa ringan, dimensi yang kecil, mudah untuk dipabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antenna jenis lain (Sidauruk & Rambe, 2015). Akan tetapi antenna mikrostrip juga memiliki kelemahan dan salah satu kelemahan antenna tersebut adalah bandwidth yang sempit. Ada berbagai cara atau metode yang bisa dilakukan untuk mengatasi bandwidth yang cenderung sempit pada antenna mikrostrip, yaitu dengan menambah ketebalan substrate, menggunakan elemen parasitik, memperkecil nilai konstanta dielektrik, menambahkan inset pada pencatu, atau dengan melakukan modifikasi patch yaitu dengan menambahkan slot pada patch antenna (Sianturi, 2018). Untuk penelitian peningkatan bandwidth dan koefisien refleksi telah dilakukan misalnya pada penelitian H-Slot yang dilakukan oleh (Madankar et al., 2020) hasil parameter koefisien refleksi yang di dapatkan sebesar -25.44 dB dengan frekuensi kerja 4.8 Ghz. Selanjutnya, pada penelitian yang diusulkan oleh (Septiani, 2020) melakukan miniaturisasi antenna mikrostrip dengan metode peripheral pada frekuensi 2.4 Ghz berhasil mereduksi 15% dari desain antenna awal. Pada penelitian Hakanoglu dan tim (Hakanoglu & Turkmen, 2017) menyatakan bahwa antenna mikrostrip umumnya memiliki bandwidth yang sempit yaitu 46 MHz. Pada Penelitian (Septayadi, 2018) dilakukan perancangan U-slot didapatkan koefisien refleksi sebesar -25.82 dB pada frekuensi kerja 5.5 Ghz. Pada penelitian yang diusulkan oleh (Sumpena et al., 2020) dilakukan perancangan antenna susun mikrostrip rectangular 4x2 dengan frekuensi kerja 3.5 GHz hanya di dapatkan nilai koefisien refleksi sebesar -20.8 dB dan bandwidth sebesar 123.3 Mhz. Pada penelitian yang diusulkan oleh (Lumembang et al., 2014) dilakukan perancangan antenna mikrostrip dengan double bowtie slot pada frekuensi kerja 2.4 Ghz hanya didapatkan nilai koefisien refleksi sebesar -16.35 dB dan bandwidth sebesar 40 MHz. Pada penelitian yang diusulkan oleh (Pasaribu et al., 2014) dilakukan perancangan mikrostrip dengan pencatu inset pada frekuensi kerja 2.4 Ghz hanya didapatkan nilai bandwidth sebesar 112 Mhz dan koefisien refleksi -14.77 dB. Dari hasil beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya terdapat kekurangan yaitu nilai bandwidth yang masih sempit, dan nilai koefisien refleksi yang kurang baik. Oleh sebab itu pada penelitian ini diusulkan perbaikan koefisien refleksi, bandwidth dan miniaturisasi desain awal antenna dengan penambahan X Slot dan inset pada patch saluran pencatu antenna mikrostrip.

II. STUDI PUSTAKA

A. Perkembangan Sistem Komunikasi hingga Generasi ke 5 (5G)

Sistem komunikasi seluler terus dikembangkan untuk memenuhi keinginan “user” yang selalu menginginkan sistem komunikasi yang memiliki kinerja lebih tinggi (lebih cepat, efisien dan efektif). Dalam sejarah sistem komunikasi, setiap generasi memiliki beberapa teknologi utama. Misalnya, sistem 1G menggunakan Frequency Division Multiple Access (FDMA) dan hanya dapat menyediakan layanan suara analog. Sistem 2G menggunakan Time Division Multiple Access (TDMA) dan dapat menyediakan layanan suara digital namun kecepatan data rendah. Sistem 3G menggunakan Code Division Multiple Access (CDMA), dapat mencapai kecepatan data puncak dari 2 Mbps hingga puluhan Mbps, dan mendukung layanan multimedia. Untuk Sistem 4G menggunakan Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDMA), sistem 4G dapat mencapai kecepatan data puncak dari 100 Mbps hingga 1Gbps, dan mendukung berbagai layanan mobile broadband (MBB). Sementara sistem 5G menggunakan Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA). Sistem 5G menyediakan 3 jenis layanan yaitu eMBB services (enhanced Mobile BroadBand), URLLC services (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications) dan mMTC (massive Machine Type of Communications). Layanan eMBB adalah layanan yang mampu memberikan kecepatan internet yang sangat tinggi, yakni downlink hingga 20 Gbit/detik dan uplink hingga 10 Gbit/detik. Layanan URLLC membutuhkan kehandalan tinggi (99,999%) dan latency < 1 mili detik. Layanan mMTC ditujukan untuk melayani perangkat serentak dalam jumlah yang banyak (1 juta koneksi per km²) (Shi et al., 2015).

B. Antena Mikrostrip

Antena Mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan *dielectric*. Antena Mikrostrip memiliki bentuk dan ukuran yang ringkas sehingga dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi yang membutuhkan spesifikasi antena yang berdimensi kecil, sehingga dapat mudah dibawa dan diintegrasikan pada rangkaian elektronik lainnya (rangkai IC, rangkaian aktif, dan ranfkaiian pasif). Antena ini dapat diaplikasikan pada berbagai bidang seperti: komunikasi satellite, komunikasi radar, militer dan aplikasi bergerak (*mobile*). Antena Mikrostrip memiliki 4 bagian dasar yaitu elemen peradiasi (*patch*), *substrate*, saluran transmisi, dan bidan pentanahan (*groundplane*) (Indra, 2010).

Gambar 1. Struktur Antena Mikrostrip (Gultom, 2021)

C. Slot dan Slit

Salah satu Teknik untuk meningkatkan performansi antena mikrostrip adalah dengan metode penambahan *slot* dan slit. *Slot* dan slit adalah celah yang sengaja dibuat pada *patch* (*patch* sengaja dicatkan), bentuknya dapat berupa persegi, persegi panjang, lingkaran, segitiga, pola huruf, pola angka dan berbagai macam bentuk lainnya. Sebuah *slot* atau slit pada antena dianggap sebagai elemen pemancar dasar. *Slot* dan slit dapat dibuat dengan cara menghilangkan sedikit area konduktor pada *patch* sehingga dapat merubah nilai frekuensi naik atau turun (*shifting*) dari frekuensi kerja asalnya. Seperti pada prinsip dasarnya semakin besar *patch* maka semakin rendah nilai frekuensinya dan begitupun sebaliknya. Sehingga jika *patch* antena yang sudah dicatkan berada pada frekuensi yang lebih rendah, dimensi antena dapat diperkecil sehingga Kembali pada frekuensi semula, dan performansinya pun dapat ditinggkatkan (Dewi, 2020)

Gambar 2. Contoh Slot dan Slit Pada Antena Mikrostrip (Gultom, 2021)

Pada penelitian ini peneliti melakukan simulasi berkali kali dengan menambhkan berbagai macam bentuk *slot* (M *slot*, E *slot*, A *slot*, Y *slot*, I *slot*, triangle *slot*, circle *slot* dll) namun hasil yang terbaik adalah dengan menambahkan X *Slot*. Penambahan X *Slot* meningkatkan nilai koefisien refleksi yang sangat signifikan.

III. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Proses perancangan antenna dilakukan melalui beberapa tahapan, pada langkah awal dilakukan pemilihan spesifikasi antenna dan jenis *substrate* yang akan digunakan. Lalu dihitung besar dimensi antenna mikrostrip sesuai dengan frekuensi yang ditetapkan (3,5 GHz), kemudian dilakukan simulasi awal antenna mikrostrip rectangular dengan menggunakan software AWR 2009. Dilihat hasil simulasinya apakah sudah sesuai dengan nilai frekuensi yang ditetapkan. Jika belum sesuai dilakukan perubahan nilai dimensi *patch* agar nilai frekuensi sesuai frekuensi kerja. Jika sudah sesuai lalu dilakukan penambahan *X slot* dan *Inset* pada *patch* untuk meningkatkan performansi (koefisien refleksi). Dilakukan optimasi berkali-kali sampai nilai koefisien refleksi mengalami penurunan yang signifikan (-37.54 dB). Jika hasil sudah sesuai yang diinginkan maka dilakukan analisis data akhir. Diagram alir pada penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.

B. Diagram Alir Penelitian

Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Antena Mikrostrip

Pada penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Desain Antena menggunakan model rectangular
2. Patch dan Ground: Tembaga (*Copper*)
3. Substratee FR4
 - 3.1 Ketebalan (h): 1.6 mm
 - 3.2 Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.4
4. Frekuensi Kerja: 3.5 Ghz
5. Los tangen: 0.0265

Pendekatan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar antena mikrostrip *patch* segiempat dapat menggunakan Persamaan (Balanis, 1997) (Garg, Ramesh. Bhartia , Prakash. Bahl , Inder. & Ittipiboon, 2001)

$$W = \frac{C}{2f \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

Dimana:

W	=	lebar konduktor
r	=	konstanta dielektrik
c	=	kecepatan cahaya di ruang bebas (3x10 ⁸ m/s)
fr	=	frekuensi kerja antena

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya fringing effect. Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dirumuskan:

$$\Delta L = 0.412 h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{wp}{hp} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.258) \left(\frac{wp}{hp} + 0.8 \right)} \quad (2)$$

Dimana h merupakan tinggi subsrat atau tebal *substratee*, dan ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik relative yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} + \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Dan panjang *patch* (L) dirumuskan oleh:

$$L = L_{\text{reff}} - 2\Delta L \quad (4)$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan:

$$L_{\text{reff}} = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (5)$$

Setelah dilakukan proses perhitungan pada persamaan (1) dan (4). Didapatkan nilai Panjang *Patch* 26 mm (W), nilai Lebar *Patch* 20 mm pada dimensi (L), nilai panjang *groundplane* 45 mm (Wg), nilai lebar gorund plane 45 mm (Lg), nilai panjang pencatu 9 mm (Lz), dan Lebar Pencatu 3 mm (Wz). Proses simulasi dalam penelitian ini menggunakan software AWR Microwave Office 2009. Desain antena yang diusulkan ditujukan pada gambar 4.

Gambar 4. Desain Antena Mikrostrip Patch Persegi

B. Desain Penambahan X Slot dan Inset

Setelah dilakukan desain pada gambar 4. Maka dilakukan optimasi berupa miniaturisasi *groundplane*, *patch* antena, dan penambahan *X Slot* dan *inset* dengan ukuran pada table 1:

Tabel 1. Desain Antena Mikrostrip dengan penambahan X Slot dan Inset

Deskripsi	Keterangan	Ukuran (mm)
W	Lebar Patch	24
L	Panjang Patch	18
Wz	Lebar Pencatu	3
Lz	Panjang Pencatu	9
WS	Lebar Slot	2
LS	Panjang Slot	8
W1	Lebar Inset	2
L1	Panjang Inset	4
Wg	Lebar Groundplane	30
Lg	Panjang Groundplane	30

Desain dan struktur antena yang sudah di optimasi dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6:

Gambar 5. Desain Antena Mikrostrip dengan Penambahan X Slot dan Inset

Gambar 6. Struktur Antena Mikrostrip dengan Penambahan X Slot dan Inset

C. Hasil dan Pembahasan

Untuk mendapatkan nilai *bandwidth* dan koefisien refleksi yang terbaik, maka dilakukan iterasi dengan mengatur beberapa parameter: ukuran *groundplane*, ukuran *patch*, ukuran *X Slot*, dan ukuran *inset*. Pengaturan nilai parameter iterasi sangat mempengaruhi perubahan nilai persentase miniaturisasi, perbaikan koefisien refleksi, dan peningkatan *bandwidth*. Pada tahap awal dilakukan percobaan mengubah ukuran panjang *groundplane* (L_g), dan lebar *groundplane* (W_g) dengan ukuran *patch* antena mikrostrip yang sama (panjang *patch* (L) 20 mm, dan lebar *patch* (W) 26 mm). Perubahan ukuran dari desain awal ke iterasi *groundplane* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Iterasi Groundplane

Iterasi Ke-	Ukuran Groundplane (mm)	
	Panjang (L_g)	Lebar (W_g)
Desain Awal	45 mm	45 mm
Iterasi Ke-1	30 mm	30 mm

Pada tabel 2. Dilakukan iterasi ukuran panjang (L_g), dan lebar (W_g) pada *groundplane* dari desain awal dengan nilai parameter pada gambar 4. Dengan proses iterasi *groundplane*, Grafik yang dihasilkan ditujukan pada Gambar 7.

Gambar 7. Grafik Iterasi Groundplane

Pada Gambar 7. Dapat dilihat bahwa ada perbaikan nilai koefisien refleksi dan pelebaran *bandwidth*. Nilai gambar 7 dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Hasil Iterasi Groundplane

Iterasi Ke-	Parameter		
	Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)	Bandwidth (MHz)
Desain Awal	3.497	12.23	142 MHz
Iterasi Ke-1	3.5	14.7	197 MHz

Pada tabel 3 terlihat bahwa frekuensi mengalami sedikit pergeseran, *bandwidth* mengalami kenaikan sebesar 55 MHz, koefisien refleksi mengalami perbaikan sebesar 2.47 dB, serta juga dapat dilihat dan dihitung pada tabel 2 nilai pereduksian *groundplane* sebesar 50 % (45mm menjadi 30 mm) dari desain awal dapat dilihat pada Tabel 2. Setelah itu dilanjutkan proses iterasi pada ukuran *patch* desain antenna awal. Perubahan ukuran iterasi *patch* antenna ditujukan pada tabel 4.

Tabel 4. Iterasi Patch Antena

Iterasi Ke-	Ukuran Patch Antena (mm)	
	Panjang (L)	Lebar (W)
Iterasi Ke-1	20	26
Iterasi Ke-2	20	25
Iterasi Ke-3	20	24

Pada tabel 4 dilakukan iterasi *patch* antenna awal dengan mengurangi ukuran ukuran lebar (W) dari 26 mm pada iterasi ke-1, menjadi 25mm pada iterasi ke-2, dan menjadi 24 mm pada iterasi Ke-3. Sementara panjang (L) tetap sama 20 mm. Grafik yang dihasilkan untuk iterasi *patch* antenna ditujukan pada Gambar 8.

Gambar 8. Grafik Iterasi Patch Antena

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa terdapat perubahan koefisien refleksi dari iterasi 1 sampai ke iterasi 3. Untuk nilai pada gambar 8 dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Iterasi Patch Antena

Iterasi Ke-	Parameter		
	Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)	Bandwidth (MHz)
Iterasi Ke-1	3.5	13.53	197
Iterasi Ke-2	3.5	14.15	192
Iterasi Ke-3	3.5	14.7	187

Pada tabel 5 dapat dilihat bahwa frekuensi yang dihasilkan sudah tepat di 3.5 GHz, koefisien refleksi mengalami perbaikan sebesar 1.17 dB, namun *bandwidth* yang dihasilkan menjadi lebih sempit 10 Mhz. Selanjutnya, didapatkan nilai reduksi *patch* antenna sebesar 7.6% (dapat dilihat dan dihitung dari tabel 4 ukuran lebar patch berkurang dari 26 mm menjadi 24 mm). Setelah itu proses dilanjutkan dengan menambahkan *X Slot* pada *patch*. Proses Iterasi *X Slot* ditujukan pada tabel 6.

Tabel 6. Iterasi Panjang X-Slot

Iterasi Ke-	Ukuran Slot (mm)	
	Panjang (Ls)	Lebar (Ws)
Iterasi Ke-1	7	1
Iterasi Ke-2	5	1
Iterasi Ke-3	3	1

Pada tabel 6 dilakukan proses iterasi ukuran Panjang pada *X Slot* dengan mengontrol Panjang (Ls) menjadi 7 mm, 5 mm dan 2 mm sedangkan untuk Lebar *Slot* (Ws) adalah 1 mm. Grafik yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 9.

Gambar 9. Grafik Iterasi Panjang X Slot

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa terjadi pergeseran frekuensi dan terjadi perbaikan nilai koefisien refleksi. Untuk nilai gambar 9 dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini :

Tabel 7. Hasil Iterasi Panjang X Slot

Iterasi Ke-6	Parameter		
	Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)	Bandwidth (MHz)
Iterasi Ke-1	3.397	13.37	164
Iterasi Ke-2	3.473	14.14	191
Iterasi Ke-3	3.5	14.8	198

Pada tabel 7 dapat dilihat bahwa frekuensi mengalami pergeseran dari iterasi 1 ke iterasi ke 3, koefisien refleksi mengalami perbaikan 9 % sebesar 1.43 dB, dan *bandwidth* mengalami peningkatan 17 % 34 MHz. Lalu Tahap selanjutnya pada desain antenna mikrostrip dilakukan penambahan *inset* untuk memperbaiki nilai koefisien refleksi, dan peningkatan *bandwidth*. Proses *inset* ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Iterasi Panjang Inset

Iterasi Ke-7	Ukuran Inset (mm)	
	Panjang (LI)	Lebar (WI)
Iterasi Ke-1	2	2
Iterasi Ke-2	3	2
Iterasi Ke-3	4	2

Pada tabel 8 dilakukan penambahan *inset* pada Gambar 5. Proses ini mengubah ukuran panjang *inset* (LI) 2 mm pada iterasi ke-1, menjadi 3 mm pada iterasi ke-2, dan menjadi 4mm pada iterasi ke-3 dengan lebar *inset* (WI) yang tetap 2 mm. parameter penambahan *inset* dilakukan untuk memperbaiki koefisien refleksi, dan peningkatan *bandwidth*. Grafik yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 10.

Gambar 10. Grafik Iterasi Panjang Inset

Pada Gambar 10. Dapat dilihat bahwa koefisien refleksi mengalami perbaikan yang sangat signifikan. Nilai dari gambar 10 dapat dilihat pada Tabel 9 dibawah ini:

Tabel 9. Hasil Iterasi Panjang Inset

Iterasi Ke-8	Parameter		
	Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)	Bandwidth (MHz)
Iterasi Ke-1	3.5	13.39	136
Iterasi Ke-2	3.5	17.9	154
Iterasi Ke-3	3.5	37.54	151

Pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa frekuensi sudah sesuai frekuensi kerja 3.5 GHz. *Bandwidth* mengalami peningkatan. Dan yang paling terlihat adalah perbaikan koefisien refleksi yang sangat signifikan sebesar 24.15 dB. Hasil terbaik pada iterasi ke-3. Tahapan selanjutnya membandingkan desain awal dengan hasil akhir setelah dioptimasi, dengan menambahkan *X Slot* dan *Inset*. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini:

Gambar 11. Grafik Perbandingan Desain Awal dengan Penambahan Optimasi X Slot dan Inset

Pada Gambar 11 menunjukkan hasil perbandingan desain awal dengan penambahan *X Slot* dan *Inset*. Koefisien refleksi pada desain awal sebesar -13.82 dB, dan setelah dilakukan penambahan *X Slot* dan *Inset* koefisien refleksi mengalami perbaikan menjadi -37.54 dB atau meningkat 67 %. Sedangkan untuk *bandwidth* mengalami peningkatan dari 142 Mhz menjadi 151 Mhz atau 5%. Hasil perbandingan ditujukan pada tabel 10 dibawah ini :

Tabel 10. Hasil Perbandingan Desain Awal dan Slot dan Inset

Kondisi	Koefisien Refleksi (dB)	Bandwidth (MHz)
Desain Awal	-12.23	142
Slot dan Inset	-37.54	151

Arus yang dihasilkan pada E-Field desain antenna yang sudah dioptimasi *X Slot* dan *Inset* sebesar 50 dB(V/m) yang ditujukan pada Gambar 12. Pola Radiasi Desain Antena dengan Penambahan *Slot* dan *Inset* ditujukan pada Gambar 13.

Gambar 12. Arus E-Field Antena Mikrostrip

Gambar 13. Pola Radiasi Antena Mikrostrip

Dari keseluruhan penelitian dapat dilihat bahwa dengan penambahan *X-Slot* menghasilkan peningkatan koefisien refleksi yang sangat signifikan. Untuk menunjukan kebaruan dalam penelitian ini maka ditunjukkan dalam perbandingan hasil akhir dengan hasil penelitian sebelumnya.

Tabel 11. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian	Koefisien Refleksi (dB)	Bandwidth (Mhz)
(Sumpena et al., 2020)	-20.8	123.3
(Lumembang et al., 2014)	-16.35	40
(Pasaribu et al., 2014)	-14.77	112
Yang diusulkan	-37.54	151

Dari Tabel 11 dapat dilihat bahwa nilai koefisien refleksi dan bandwidth yang diusulkan dalam penelitian ini memiliki nilai lebih baik.

V. SIMPULAN

Pada penelitian ini berhasil merancang dan mensimulasikan sebuah antenna mikrostrip rectangular dengan penambahan *X Slot* pada *Patch* antenna dan *Inset* pada saluran pencatu sehingga menghasilkan perbaikan koefisien refleksi yang sangat baik sebesar -37.54 dB dengan persentase perbaikan sebesar 67 % dari desain antenna awal, dan *bandwidth* yang dihasilkan sebesar 151 MHz dan mengalami peningkatan *bandwidth* sebesar 5% dari desain awal. Antena ini dapat diusulkan sebagai antenna penerima pada sistem komunikasi 5G.

DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, C. A. (1997). *Antenna Theory : Analysis and Design*. Jhon Willy and Sons.
- Dewi, P. S. (2020). Perancangan dan realisasi miniaturisasi antenna mikrostrip menggunakan slot dan slit untuk lora (long range) 915 mhz. FTI - Usakti.
- Dinas Kominfo. (2016). *Kajian Lanjutan 5G Indonesia*. Puslitbang Sumber Daya, Perangkat, Dan Penyelenggaraan Pos Dan Informatika Badan Penelitian Dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Komunikasi Dan Informatika, iii.
- Garg, Ramesh. Bhartia, Prakash. Bahl, Inder. & Ittipiboon, A. (2001). *Microstrip Antenna Design Handbook*. Artech House.
- Gultom, Y. K. (2021). Laporan Kuliah Antena Modern.
- Hakanoglu, B. G., & Turkmen, M. (2017). An inset fed square microstrip patch antenna to improve the return loss characteristics for 5G applications. 2017 XXXIIInd General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI GASS), 1–4. <https://doi.org/10.23919/URSIGASS.2017.8104986>
- Indra, S. (2010). *Antena Mikrostrip : Konsep dan Aplikasinya*. Universitas Trisakti.
- Lumembang, M. M., Studi, P., Jurusan, F., Matematika, F., Ilmu, D. A. N., Alam, P., & Hasanuddin, U. (2014). ANTENA MIKROSTRIP SLOT DOUBLE BOWTIE SATU LARIK DENGAN PANDU GELOMBANG COPLANAR UNTUK KOMUNIKASI WIRELESS PADA FREKUENSI 2,4 GHz SKRIPSI.
- Madankar, A., Chakole, V., & Khade, S. (2020). H-slot microstrip patch antenna for 5G WLAN application. Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems, ICISS 2020, 1142–1144. <https://doi.org/10.1109/ICISS49785.2020.9315914>
- Pasaribu, D., Rambe, A. H., & Kunci, K. (2014). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat Pada Frekuensi 2,4 Ghz Dengan Metode Pencatutan Inset. Singuda ENSIKOM, 7(1), 30–35.
- Septayadi, M. E. (2018). Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang dengan U-Slot dan Proximity Coupled untuk Wifi 5,5 GHz [Universitas Telkom]. <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/144696/perancangan-dan-realisasi-antena-mikrostrip-patch-persegi-panjang-dengan-u-slot-dan-proximity-coupled-untuk-wifi-5-5-ghz.html>
- Septiani, T. K. (2020). Miniaturisasi antenna mikrostrip dengan metode Peripheral Plits pada frekuensi 2,4 GHz [FTI-Trisakti].

- http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/index.php/home/detail/detail_koleksi/0/SKR/judul/0000000000000000102296/
- Shi, S., Yang, W., Zhang, J., & Chang, Z. (2015). Review of Key Technologies of 5G Wireless Communication System. MATEC Web of Conferences, 22, 1–6. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20152201005>
- Sianturi, R. C. (2018). Rancang Bangun Antena Mikrostrip dengan penambahan Slot untuk Meningkatkan Bandwidth. 91.
- Sidauruk, H. F., & Rambe, A. H. (2015). Analisa Penentuan Ukuran Slot Pada Karakteristik Antena Mikrostrip Patch Segiempat Dengan Pencatu Apetour Coupled. Singuda ENSIKOM, 10(27), 65–70.
- Sumpena, M. R., Madiawati, H., & Elisma. (2020). Desain Antena Susun Mikrostrip Rectangular Patch 4x2 Untuk Aplikasi 5G. Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar, 591–595.
- You, C., Jung, D., Song, M., & Wong, K. L. (2019). Advanced 12×12 MIMO antennas for next generation 5G smartphones. 2019 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting, APSURSI 2019 - Proceedings, 2(28 mm), 1079–1080. <https://doi.org/10.1109/APUSNCURSINRSM.2019.8888460>