

Perancangan Antena Mikrostrip *Array* 2x1 Berpolarisasi Melingkar pada Frekuensi 3.5 GHz untuk Sistem Komunikasi 5G

Iznih¹, Syah Alam^{2*}, Indra Surjati³, Yuli Kurnia Ningsih⁴, Lydia Sari⁵

^{1,3,4}Prodi Magister Teknik Elektro,

^{2,5}Jurusan Teknik Elektro,

Fakultas Teknologi Industri,

Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No. 1, DKI Jakarta

*syah.alam@trisakti.ac.id

Abstrak

Teknologi 5G adalah generasi terbaru dari komunikasi seluler yang menghadirkan kecepatan transfer data yang tinggi dengan *bandwidth* yang lebar pada beberapa frekuensi kerja yaitu *high-band* 28 GHz, *mid-band* 15 GHz, dan *low-band* 3,5 GHz. Penelitian ini mengusulkan rancangan antena mikrostrip berpolarisasi melingkar yang bekerja pada frekuensi 3,5 GHz untuk sistem komunikasi 5G. Antena dirancang dengan menggunakan substrat FR4 epoxy yang memiliki karakteristik ketebalan substrat 1,6 mm, konstanta dielektrik 4,3, dan *tangent loss* 0,0265. Metode perancangan antena yang digunakan adalah *array 2x1 truncated corner* dan *slit*. Hasil simulasi dari perancangan antena menghasilkan nilai *return loss* -30,7 dB, dan *gain* 8,427 dB. Dengan menggunakan metode *array 2x1*, *gain* antena berhasil ditingkatkan hingga 47,79% serta dengan menambahkan *slit* nilai *return loss* berhasil direduksi hingga 94,8%, dan *bandwidth* berhasil ditingkatkan hingga 230,32% dibandingkan dengan antena mikrostrip *rectangular* elemen tunggal. Pada penelitian ini juga telah berhasil merancang antena berpolarisasi melingkar dengan nilai *axial ratio* 1,441 dB.

Kata kunci: antena mikrostrip, *array 2x1*, *truncated corner*, *slit*, polarisasi melingkar, 5G

Abstract

5G technology is the latest generation of cellular communications that delivers high data transfer rates with wide bandwidth on several working frequencies that are high-band 28 GHz, mid-band 15 GHz, and low-band 3.5 GHz. This study proposed designing microstrip antenna that works at a frequency of 3.5 GHz for 5G communication system. The antenna was designed with FR4 epoxy substrate that had substrate thickness 1.6 mm, dielectric constant 4.3, and tangent loss 0.0265. The design of antenna used *array 2x1 truncated corner* and *slit* methods. The simulation results of antenna produced return loss -30.7 dB, and gain 8.424 dB. Using *array 2x1* methods, gain of the antenna succeeded was increased to 47.74% and adding slit return loss of the antenna was reduced to 94.8%, and bandwidth of the antenna was increased to 230.32% compared with single element rectangular microstrip antenna. This study also succeeded producing a circular polarized antenna with axial ratio 1.441 dB.

Keywords: microstrip antenna, *array 2x1*, *truncated corner*, *slit*, circular polarization, 5G

1. Pendahuluan

Teknologi 5G adalah generasi terbaru dari komunikasi seluler. Teknologi 5G hadir untuk memenuhi kebutuhan kecepatan transfer data yang tinggi dengan *bandwidth* yang lebar. Berdasarkan regulasi yang ditetapkan oleh [1], frekuensi kerja yang digunakan untuk 5G terbagi menjadi beberapa *band* yaitu *high-band* 28 GHz, *mid-band* 15 GHz, dan *low-band* 3,5 GHz.

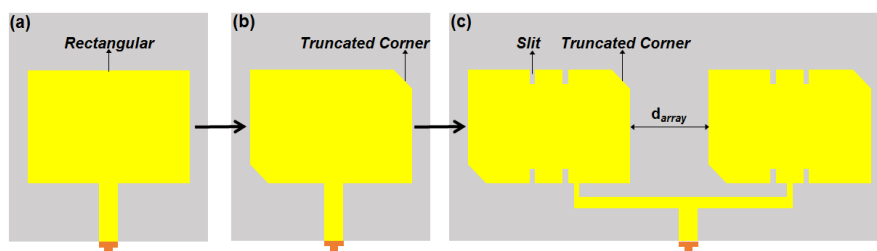
Antena adalah salah satu komponen yang penting dalam sistem komunikasi nirkabel. Antena berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya[2]. Selanjutnya, antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik dan mengubahnya menjadi sinyal listrik[3]. Antena yang banyak dikembangkan untuk sistem komunikasi nirkabel adalah antena mikrostrip. Keunggulan dari antena mikrostrip adalah dapat beroperasi pada frekuensi tinggi, *compact design*, dan biaya pabrikan yang terjangkau [4]. Akan tetapi, antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu *bandwidth* yang sempit, *gain* yang tidak terlalu besar, dan direktivitas yang rendah [5].

Penelitian yang telah dilakukan oleh [6] telah berhasil merancang antena mikrostrip dengan *rectangular array 2x1* pada frekuensi kerja 3,5 GHz dengan nilai *return loss* -24 dB, *bandwidth* 360 MHz, dan *gain* 10 dB. Selanjutnya pada penelitian yang telah dilakukan oleh [7] telah berhasil merancang antena mikrostrip dengan *fractal minkowski array 2x1* pada frekuensi kerja 3,5 GHz dengan nilai *return loss* -42,28 dB, *bandwidth* 137 MHz, dan *gain* 8,46 dB. Namun, pada kedua penelitian tersebut tidak berhasil menghasilkan polarisasi melingkar pada antena. Keunggulan dari polarisasi melingkar adalah untuk menanggulangi *loss* yang disebabkan oleh polarisasi menyilang akibat adanya perbedaan polarisasi antara antena pemancar (polarisasi horizontal) dengan antena penerima (polarisasi vertikal) [8].

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan solusi dengan melakukan perancangan antena mikrostrip dengan metode *truncated corner* untuk mendapatkan polarisasi melingkar pada antena [9]. Selanjutnya, antena dioptimasi dengan menggunakan metode *array 2x1* untuk meningkatkan nilai *gain* [10] serta penambahan *slit* untuk mereduksi nilai *return loss* yaitu kurang dari < -10 dB sehingga terjadi kondisi transfer daya maksimum pada antena [11] dan membuat performansi antena menjadi lebih optimal untuk keperluan aplikasi 5G.

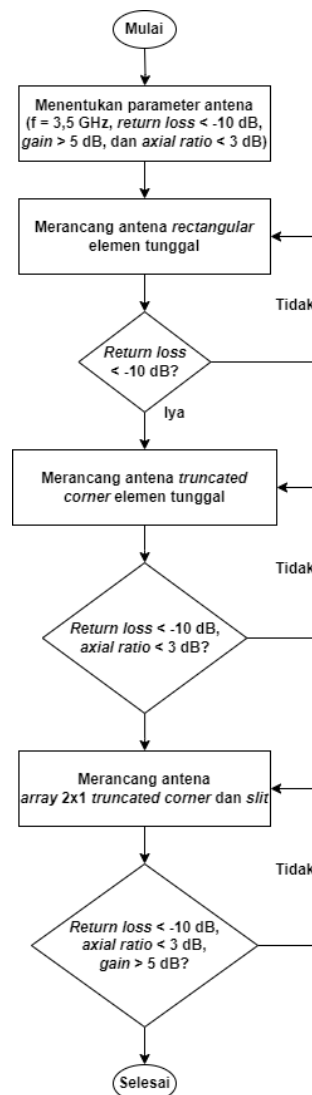
2. Metodologi Penelitian

Gambar 1 menunjukkan desain pengembangan model antena mikrostrip yang diusulkan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Pengembangan Model Antena Mikrostrip; (a) *Rectangular* Elemen Tunggal, (b) *Truncated Corner* Elemen Tunggal, (c) *Array 2x1 Truncated Corner* dan *Slit*

Tahapan awal pada penelitian ini adalah menghitung dimensi *patch* antena *rectangular* mikrostrip elemen tunggal pada frekuensi kerja 3,5 GHz dan saluran pencatu mikrostrip. Selanjutnya, merancang dan mensimulasikan antena *rectangular* mikrostrip elemen tunggal seperti pada Gambar 1 (a) dengan menggunakan AWR Microwave Office 2009 dengan nilai *return loss* yang ingin dicapai < -10 dB. Tahapan selanjutnya, antena *rectangular* mikrostrip elemen tunggal dikembangkan dengan menggunakan metode *truncated corner* dengan memotong bagian tepi *patch* antena seperti pada Gambar 1 (b) untuk menghasilkan polarisasi melingkar dengan nilai *axial ratio* < 3 dB. Setelah itu, antena dioptimasi dengan menggunakan metode *array 2x1* yang dipisahkan dengan jarak d_{array} untuk meningkatkan nilai *gain* dan menambahkan *slit* untuk mereduksi nilai *return loss* dan *axial ratio* untuk menjadi lebih baik. Tahapan akhir pada penelitian ini adalah menganalisis nilai *return loss*, *bandwidth*, *gain*, dan *axial ratio* antena serta membandingkannya dengan desain antena yang telah dirancang pada penelitian sebelumnya. Adapun diagram alir perancangan desain antena pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Desain Antena

3. Perancangan Antena

Dalam Penelitian ini, antena yang dirancang memiliki karakteristik substrat dan frekuensi kerja sebagai berikut [12]:

Jenis substrat	: FR4 Epoxy
Ketebalan substrat	: 1,6 mm
Konstanta dielektrik	: 4,3
Tangent loss	: 0,0265
Frekuensi kerja	: 3,5 GHz

3.1. Dimensi Patch Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip yang dirancang adalah *rectangular* dengan nilai lebar *patch* (W) dan panjang *patch* (L). Untuk menghitung nilai W dan L dapat menggunakan persamaan 1, 2, 3, 4, dan 5 [13].

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

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

$$L_{eff} = \frac{C}{2f\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (5)$$

C = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

h = Ketebalan substrat (1,6 mm)

W = Lebar *patch* antena mikrostrip (mm)

L = Panjang *patch* antena mikrostrip (mm)

ϵ_r = Konstanta dielektrik

f = Frekuensi kerja (3,5 GHz)

3.2. Dimensi Saluran Pencatu Mikrostrip

Setelah menghitung dimensi *patch* antena mikrostrip, selanjutnya menghitung nilai lebar saluran pencatu mikrostrip dengan menggunakan persamaan 6 dan 7 dengan nilai impedansi pada konektor 50 Ohm serta impedansi saluran 100 Ohm dan 70,7 Ohm sebagai penyesuaian impedansi [14].

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (6)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (7)$$

- B = Konstanta impedansi
- h = Ketebalan substrat (1.6 mm)
- Z_0 = Impedansi antena

3.3. Dimensi *Truncated Corner*

Pemotongan tepi *patch* antena mikrostrip (*truncated corner*) dapat dilakukan secara diagonal pada tepi kiri bawah dan kanan atas *patch* dengan dimensi potongan sebesar 2 hingga 10 mm atau dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8 [15].

$$\Delta L = \left(\frac{1}{4}\right)L \quad (8)$$

- ΔL = Panjang *truncated corner* (mm)
- L = Panjang *patch* antena mikrostrip (mm)

3.4. Jarak Antar Elemen Antena

Antena yang dirancang perlu dipisahkan dengan jarak antar elemen (d) untuk meningkatkan nilai *gain*. Untuk menghitung jarak antar elemen antena dapat menggunakan persamaan 9 dan 10 [10].

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (9)$$

$$d = \frac{\lambda}{2} \quad (10)$$

- λ = Panjang gelombang (m)
- C = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
- d = Jarak antar elemen (mm)

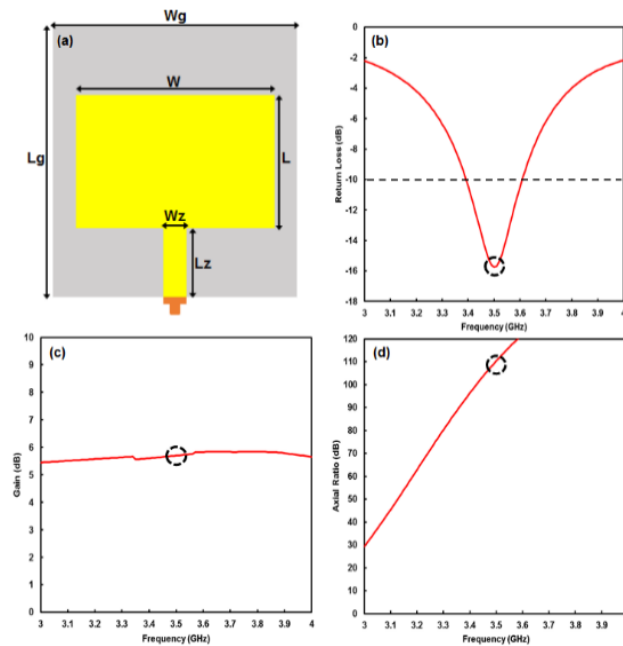
4. Simulasi Antena

4.1. Perancangan Antena Mikrostrip *Rectangular* Elemen Tunggal

Langkah awal yang dilakukan adalah merancang antena mikrostrip *rectangular* elemen tunggal dengan struktur antena pada Gambar 2 (a), dan dimensi antena pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Antena Mikrostrip *Rectangular* Elemen Tunggal

Parameter	Keterangan	Dimensi (mm)
W_g	Lebar <i>enclosure</i>	36
L_g	Panjang <i>enclosure</i>	29
W	Lebar <i>patch</i> antena	26
L	Panjang <i>patch</i> antena	20
W_z	Lebar saluran pencatu	3
L_z	Panjang saluran pencatu	6

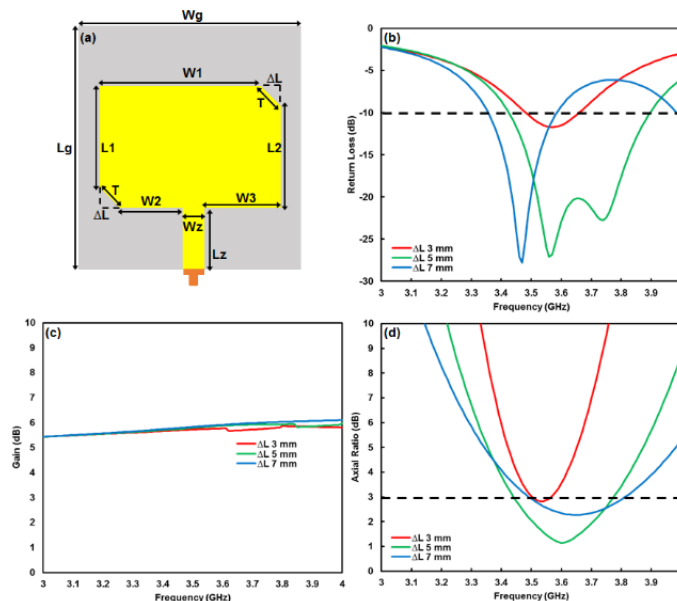


Gambar 3. (a) Struktur Antena Mikrostrip *Rectangular* Elemen Tunggal, (b) Hasil Simulasi *Return Loss*, (c) Hasil Simulasi *Gain*, (d) Hasil Simulasi *Axial Ratio*

Gambar 3 (b) menunjukkan antena dapat beroperasi pada frekuensi 3,5 GHz dengan nilai *return loss* -15,76 dB dan *bandwidth* 221 MHz. Gambar 3 (c) menunjukkan nilai *gain* antena 5,702 dB, dan pada Gambar 3 (d) menunjukkan antena tidak berpolarisasi melingkar dikarenakan nilai *axial ratio* yang tinggi yaitu 110,304 dB.

4.2. Perancangan Antena Mikrostrip *Truncated Corner* Elemen Tunggal

Setelah merancang antena mikrostrip *rectangular* elemen tunggal, selanjutnya antena mikrostrip dikembangkan dengan metode *truncated corner* dengan struktur antena pada Gambar 4 (a), dan dimensi antena pada Tabel 2.



Gambar 4. (a) Struktur Antena Mikrostrip *Truncated Corner* Elemen Tunggal, (b) Hasil Simulasi *Return Loss*, (c) Hasil Simulasi *Gain*, (d) Hasil Simulasi *Axial Ratio*

Tabel 2. Dimensi Antena Mikrostrip *Truncated Corner* Elemen Tunggal

Parameter	Keterangan	Dimensi (mm)
W_g	Lebar <i>enclosure</i>	36
L_g	Panjang <i>enclosure</i>	29
W_1	Lebar <i>patch</i>	15
W_2	Lebar <i>patch</i>	4
W_3	Lebar <i>patch</i>	8
L_1	Panjang <i>patch</i>	15
L_2	Panjang <i>patch</i>	15
W_z	Lebar saluran pencatu	3
L_z	Panjang saluran pencatu	6
ΔL	Pemotongan tepi <i>patch</i> (<i>truncated corner</i>)	5
T	Sisi miring <i>patch</i>	7

Gambar 4 (b), Gambar 4 (c), dan Gambar 4 (d) adalah hasil simulasi parameter *return loss*, *gain*, dan *axial ratio* dari antena mikrostrip *truncated corner* elemen tunggal yang dilakukan optimasi sebanyak 3 iterasi dengan mengontrol dimensi ΔL . Nilai dari hasil simulasi parameter tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Simulasi Parameter Antena Mikrostrip *Truncated Corner* Elemen Tunggal

ΔL (mm)	Parameter			
	<i>Return Loss</i> (dB)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> (dB)	<i>Axial Ratio</i> (dB)
3	-10,566	177	5,724	3,023
5	-16,841	470	5,794	2,045
7	-19,441	229	5,827	2,921

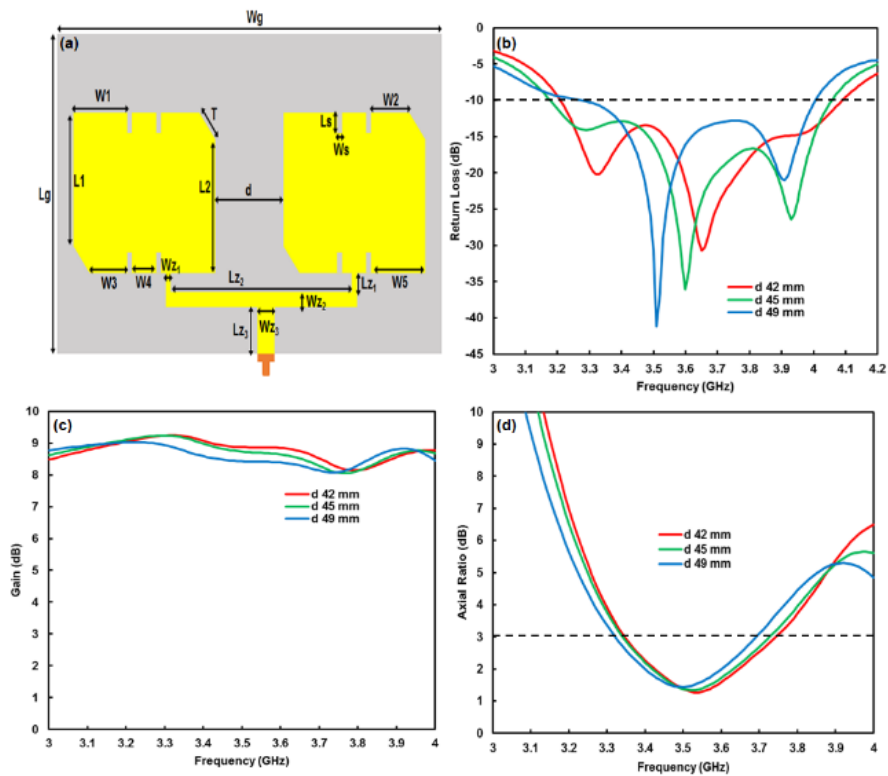
Tabel 3 menunjukkan pengembangan antena mikrostrip dengan metode *truncated corner* terbukti dapat mereduksi nilai *axial ratio* hingga < 3 dB yang berdampak antena berpolarisasi melingkar. Pada iterasi dengan nilai $\Delta L = 5$ mm, diperoleh performansi terbaik dari antena pada frekuensi 3,5 GHz dengan nilai *return loss* -16,841 dB, *bandwidth* 470 MHz, *gain* 5,794 dB dan *axial ratio* 2,045 dB.

4.3. Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x1 *Truncated Corner* dan *Slit*

Setelah merancang antena mikrostrip *truncated corner* elemen tunggal, selanjutnya antena dioptimasi dengan menggunakan metode *array 2x1* untuk meningkatkan nilai *gain* dan menambahkan *slit* untuk mereduksi nilai *return loss* dan *axial ratio*. Struktur antena dapat dilihat pada Gambar 5 (a), dan dimensi antena dapat dilihat pada Tabel 4.

Gambar 5 (b), Gambar 5 (c), dan Gambar 5 (d) adalah hasil simulasi parameter *return loss*, *gain*, dan *axial ratio* dari antena mikrostrip *array 2x1 truncated corner* dan *slit* yang dilakukan optimasi sebanyak 3 iterasi dengan mengontrol jarak antar elemen antena d . Nilai dari hasil simulasi parameter tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan optimasi antena mikrostrip dengan metode *array 2x1* terbukti dapat meningkatkan *gain* dan penambahan *slit* dapat mereduksi nilai *return loss* dan *axial ratio* antena. Pada iterasi dengan nilai $d = 49$ mm, diperoleh performansi terbaik dari antena pada frekuensi 3,5 GHz dengan nilai *return loss* -30,7 dB, *bandwidth* 731 MHz, *gain* 8,427 dB dan *axial ratio* 1,436 dB.



Gambar 5. (a) Struktur dan Dimensi Antena Mikrostrip *Array 2x1 Truncated Corner dan Slit*, (b) Hasil Simulasi *Return Loss*, (c) Hasil Simulasi *Gain*, (d) Hasil Simulasi *Axial Ratio*

Tabel 4. Dimensi Antena Mikrostrip *Array 2x1 Truncated Corner dan Slit*

Parameter	Keterangan	Dimensi (mm)
W_g	Lebar <i>enclosure</i>	93
L_g	Panjang <i>enclosure</i>	40
W_1	Lebar <i>patch</i>	8
W_2	Lebar <i>patch</i>	2
W_3	Lebar <i>patch</i>	3
W_4	Lebar <i>patch</i>	3
W_5	Lebar <i>patch</i>	7
L_1	Panjang <i>patch</i>	15
L_2	Panjang <i>patch</i>	15
T	Sisi miring <i>patch</i>	7
W_s	Lebar <i>slit</i>	1
L_s	Panjang <i>slit</i>	2
W_{z1}	Lebar saluran pencatu	1
W_{z2}	Lebar saluran pencatu	2
W_{z3}	Lebar saluran pencatu	3
L_{z1}	Panjang saluran pencatu	2
L_{z2}	Panjang saluran pencatu	66
L_{z3}	Panjang saluran pencatu	5
d	Jarak <i>patch</i>	49

Tabel 5. Hasil Simulasi Parameter Antena Mikrostrip *Array 2x1 Truncated Corner dan Slit*

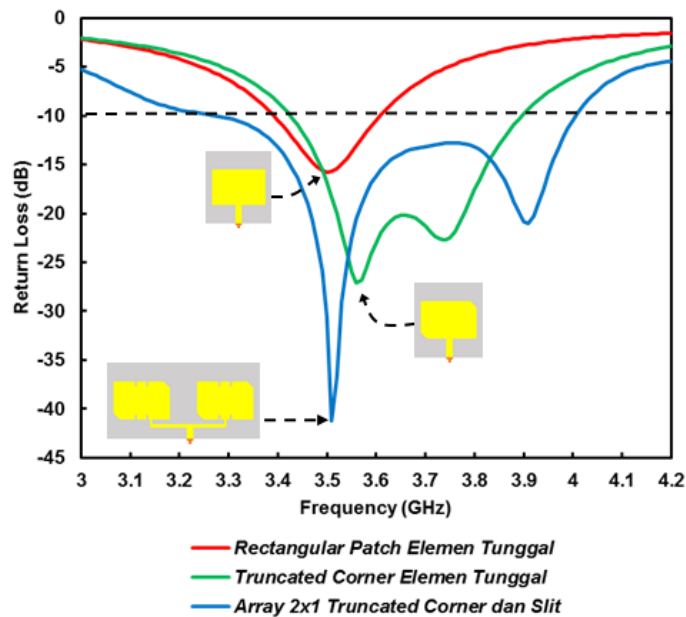
d (mm)	Parameter			
	<i>Return Loss</i> (dB)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> (dB)	<i>Axial Ratio</i> (dB)
42	-13,71	881	8,873	1,377
45	-15,93	879	8,734	1,374
49	-30,7	731	8,427	1,436

5. Analisis Hasil Simulasi Antena

Setelah mensimulasikan desain antena yang telah dirancang, selanjutnya menganalisis nilai-nilai parameter *return loss*, *bandwidth*, *gain*, dan *axial ratio* dan membandingkannya dengan penelitian sebelumnya.

5.1. Analisis Return loss

Gambar 6 dan Tabel 6 menunjukkan perbandingan hasil simulasi *return loss* dari desain antena yang telah dirancang.



Gambar 6. Perbandingan Hasil Simulasi *Return loss* Desain Antena

Tabel 6. Perbandingan Hasil Simulasi *Return loss* dan *Bandwidth* Desain Antena

Desain Antena	Return loss (dB)	Bandwidth (MHz)
<i>Rectangular Patch</i> Elemen Tunggal	-15,76	221
<i>Truncated Corner</i> Elemen Tunggal	-16,841	470
<i>Array 2x1 Truncated Corner dan Slit</i>	-30,7	731

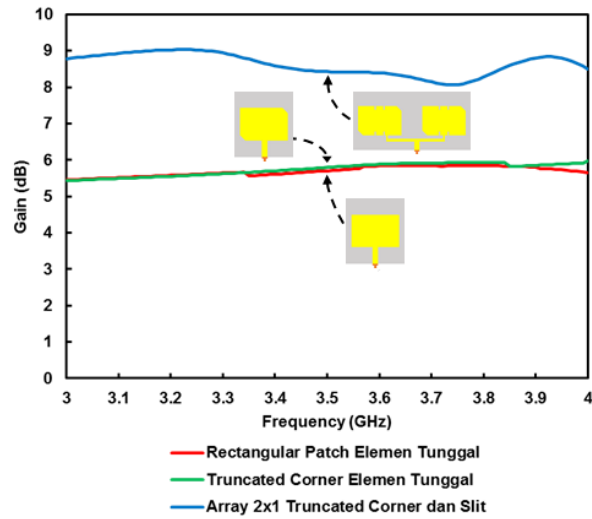
Gambar 6 dan Tabel 6 menunjukkan antena *array 2x1 truncated corner dan slit* terbukti dapat mereduksi nilai *return loss* yaitu -30,7 dB dan meningkatkan *bandwidth* yaitu 730 MHz. Dari hasil tersebut dapat dihitung persentase perubahan nilai *return loss* dan *bandwidth* antena *rectangular* elemen tunggal dengan setelah ditambahkan metode *array 2x1 truncated corner dan slit*.

$$\text{Reduksi nilai return loss} = \frac{\text{nilai akhir} - \text{nilai awal}}{\text{nilai awal}} \times 100\% = \frac{-30,7 - (-15,76)}{-15,76} \times 100\% = 94,8\%$$

$$\text{Kenaikan nilai bandwidth} = \frac{\text{nilai akhir} - \text{nilai awal}}{\text{nilai awal}} \times 100\% = \frac{731 - (221)}{221} \times 100\% = 230,76\%$$

5.2. Analisis Gain

Gambar 7 dan Tabel 7 menunjukkan perbandingan hasil simulasi *gain* dari desain antena yang telah dirancang.



Gambar 7. Perbandingan Hasil Simulasi *Gain* Desain Antena

Tabel 7. Perbandingan Hasil Simulasi *Gain* Desain Antena

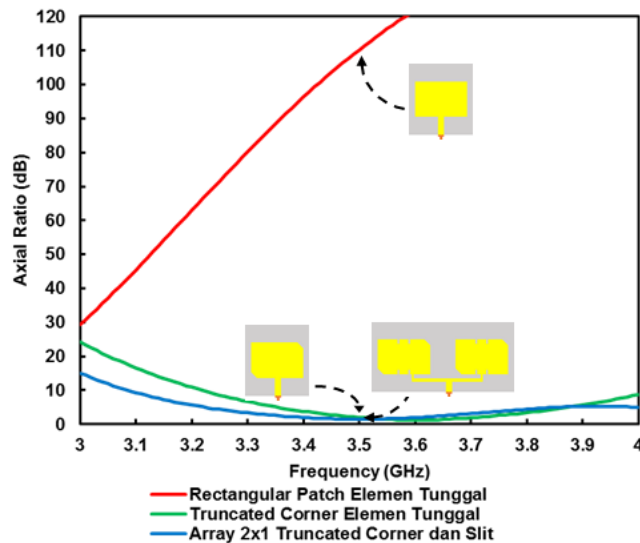
Desain Antena	<i>Gain</i> (dB)
<i>Rectangular Patch</i> Elemen Tunggal	5,702
<i>Truncated Corner</i> Elemen Tunggal	5,794
<i>Array 2x1 Truncated Corner dan Slit</i>	8,427

Gambar 7 dan Tabel 7 menunjukkan antena *array 2x1 truncated corner dan slit* terbukti dapat meningkatkan nilai *gain* yaitu 8,427 dB. Dari hasil tersebut dapat dihitung persentase perubahan nilai *gain* antena *rectangular* elemen tunggal dengan setelah ditambahkan metode *array 2x1 truncated corner dan slit*.

$$\text{Kenaikan nilai } gain = \frac{\text{nilai akhir} - \text{nilai awal}}{\text{nilai awal}} \times 100\% = \frac{8,427 - (5,702)}{5,702} \times 100\% = 47,79\%$$

5.3. Analisis *Axial Ratio*

Gambar 8 dan Tabel 8 menunjukkan perbandingan hasil simulasi *axial ratio* dari desain antena yang telah dirancang.



Gambar 8. Perbandingan Hasil Simulasi *Axial Ratio* Desain Antena

Tabel 8. Perbandingan Hasil Simulasi *Axial Ratio* Antena

Desain Antena	<i>Axial Ratio</i> (dB)	Polarisasi
<i>Rectangular Patch</i> Elemen Tunggal	110,3	Tidak Melingkar
<i>Truncated Corner</i> Elemen Tunggal	2,045	Melingkar
<i>Array 2x1 Truncated Corner</i> dan <i>Slit</i>	1,436	Melingkar

Gambar 8 dan Tabel 8 menunjukkan antena *array 2x1 truncated corner* dan *slit* terbukti dapat mereduksi nilai *axial ratio* yaitu 1,436 dB. Dengan nilai *axial ratio* tersebut, polarisasi melingkar pada antena menjadi lebih baik. Dari hasil tersebut dapat dihitung persentase perubahan nilai *axial ratio* antena *rectangular* elemen tunggal dengan setelah ditambahkan metode *array 2x1 truncated corner* dan *slit*.

$$\text{Reduksi nilai } axial \text{ ratio} = \frac{\text{nilai akhir} - \text{nilai awal}}{\text{nilai awal}} \times 100\% = \frac{1,436 - (110,3)}{110,3} \times 100\% = 98,69\%$$

5.4. Analisis Desain Antena

Tabel 9 menunjukkan hasil perbandingan simulasi parameter *return loss*, *bandwidth*, *gain*, dan *axial ratio* dari keseluruhan desain antena yang telah dirancang.

Tabel 9. Perbandingan Hasil Simulasi Parameter dari Desain Antena

Desain Antena	<i>Return Loss</i> (dB)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> (dB)	<i>Axial Ratio</i> (dB)
<i>Rectangular Patch</i> Elemen Tunggal	-15,76	221	5,702	110,3
<i>Truncated Corner</i> Elemen Tunggal	-16,841	470	5,794	2,045
<i>Array 2x1 Truncated Corner</i> dan <i>Slit</i>	-30,7	731	8,427	1,436

Pada Tabel 9 menunjukkan bahwa desain antena *array 2x1 truncated corner* dan *slit* merupakan desain antena yang sangat signifikan untuk mereduksi nilai *return loss*, menaikkan *bandwidth* dan *gain*, serta untuk mereduksi *axial ratio* dengan persentase nilai masing-masing 94,8%, 230,76%, 47,79%, dan 98,69%.

5.5. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Tabel 10 menunjukkan perbandingan hasil penelitian yang diusulkan dengan penelitian sebelumnya.

Tabel 10. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Referensi	Metode	<i>Return loss</i> (dB)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> (dB)	Polarisasi
[6]	<i>Array 2x1 Inset</i> dan <i>Slit</i>	-24	360	10	Linear
[7]	<i>Fractal Minkowski</i>	-42,28	137	8,46	Linear
Penelitian ini	<i>Array 2x1 Truncated Corner</i> dan <i>Slit</i>	-30,7	731	8,427	Melingkar

Pada Tabel 10 menunjukkan bahwa desain antenna *array 2x1 truncated corner* dan *slit* yang diusulkan pada penelitian ini telah berhasil merancang antenna berpolarisasi melingkar dibandingkan dengan desain antenna pada penelitian sebelumnya yang berpolarisasi linear.

6. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil simulasi keseluruhan desain antenna mikrostrip yang telah dirancang, dapat disimpulkan bahwa antenna dapat beroperasi pada frekuensi 3,5 GHz. Dari hasil simulasi tersebut terbukti bahwa teknik *truncated corner* dapat mereduksi nilai *axial ratio*, teknik *array 2x1* dapat menaikkan nilai *gain*, dan penambahan *slit* dapat mereduksi nilai *return loss*. Adapun desain antenna yang sangat signifikan dalam mereduksi nilai *axial ratio*, *return loss* serta menaikkan *gain* adalah desain antenna *array 2x1 truncated corner* dan *slit* dengan persentase nilai masing-masing 94,8 persen, 47,79 persen, dan 98,69 persen. Desain antenna ini dapat dijadikan rekomendasi untuk sistem komunikasi 5G. Adapun saran yang dapat diberikan berkaitan dengan penelitian ini adalah dengan mengembangkan desain antenna yang dapat beroperasi pada *dual band* frekuensi 5G, mengingat keterbatasan desain antenna pada penelitian ini yang beroperasi pada *single band* frekuensi 5G yaitu pada 3,5 GHz.

Daftar Pustaka

- [1] A. Hikmaturokhman, K. Ramli, and M. Suryanegara, "Spectrum Considerations for 5G in Indonesia," *Proceeding - 2018 Int. Conf. ICT Rural Dev. Rural Dev. through ICT Concept, Des. Implic. IC-ICTRuDEv 2018*, pp. 23–28, 2018, doi: 10.1109/ICICTR.2018.8706874.
- [2] D.-G. Fang, *Antenna theory and microstrip antennas*. CRC Press, 2017.
- [3] M. Alaydrus, "Riset Antena – State of the Art," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.22441/incomtech.v6i1.1146.
- [4] T. Kartika Putri, S. Alam, and I. Surjati, "Miniaturisasi antenna mikrostrip array 4×1 elemen menggunakan teknik peripheral slits," *JITEL (Jurnal Ilm. Telekomun. Elektron. dan List. Tenaga)*, vol. 1, no. 2, pp. 115–122, 2021, doi: 10.35313/jitel.v1.i2.2021.115-122.
- [5] D. G. Fang, "Antenna Theory and Microstrip Antennas," *Antenna Theory and Microstrip Antennas*, pp. 1–299, 2017, doi: 10.1201/b10302.
- [6] A. Anindito, A. Putranto, I. Surjati, S. Alam, L. Sari, and R. Vaswani, "Desain Antena Mikrostrip Array 2x1 Elemen dengan Teknik Inset dan Slit untuk Sistem Komunikasi 5G," *J. Telemat.*, vol. 16, no. 1, pp. 18–24, 2021.
- [7] R. Syafira, S. Alam, and I. Surjati, "Perancangan Antena Mikrostrip Fractal Minkowski Array pada Frekuensi 3,5 GHz untuk Sistem Komunikasi 5G," *Ecotipe*, vol. 8, no. 2, pp. 93–99, 2021.
- [8] E. WIYANTO, S. ALAM, and B. HARSONO, "Realisasi dan Pengujian Antena Mikrostrip Array 4 Elemen dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi 4G/LTE," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 2, p. 244, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i2.244.
- [9] M. I. L. Prasetyani, S. Alam, and I. Surjati, "Perancangan Antena Mikrostrip Array Menggunakan Metode Truncated Corner dengan U-Slot pada Frekuensi 2,3 GHz," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 6, no. 1, p. 85, 2021, doi: 10.31544/jtera.v6.i1.2021.85-92.

- [10] N. Aulia and Elisma, "Desain Antena Mikrostrip Array 2x4 dengan Teknik Pencatuan Proximity Coupled untuk Aplikasi 5G pada Frekuensi 2,6 GHz," *Pros. 12th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 717–723, 2021.
- [11] R. B. Putra, S. Alam, and I. Surjati, "Perancangan Antena Mikrostrip Segiempat Peripheral Slit untuk Aplikasi 2,4Ghz dengan Metode Pencatuan Proximity Coupled," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, p. 38, 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n1.520.2018.
- [12] S. Alam, N. Media Rizka, I. Surjati, P. Dewi Marlina, and G. Tjahjadi, "Desain Antena Mikrostrip dengan Multi Band Frekuensi Menggunakan Metode Parasitik," *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 19, no. 01, pp. 18–23, 2020.
- [13] C. Andriyani, B. Sumajudin, and T. Yunita, "Perbandingan Antena Mikrostrip Array Dual Band Dengan Pencatuan Microstrip Line Dan Electromagnetically Coupled (Emc)," *TEKTRIKA - J. Penelit. dan Pengemb. Telekomun. Kendali, Komputer, Elektr. dan Elektron.*, vol. 5, no. 1, p. 19, 2020, doi: 10.25124/tektrika.v5i1.3241.
- [14] W. Kristanto *et al.*, "Perancangan Antena Mikrostrip Patch Multi Band," *J. Kajain Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 72–82, 2019.
- [15] K. Koesmarijanto, A. Azizah, and H. Darmono, "Design and Implementation of 2x4 Truncated Corner Patch Microstrip Array Antenna with U-Slot at 2.4 GHz Frequency for Wi-Fi Applications," *J. Jartel J. Jar. Telekomun.*, vol. 12, no. 4, pp. 251–257, 2022, doi: 10.33795/jartel.v12i4.405.

This Page Intentionally Left Blank