

## Studi Komparasi Pengaruh Lebar Pita *Axial ratio* Menggunakan Variasi Radiator Pada Antena Mikrostrip

### *A Comparative Study on the Influence of Bandwidth Axial Ratio Using Radiator Variations in Microstrip Antennas*

Dian Rusdiyanto <sup>1,\*</sup>, Yohanes Galih Adhiyoga <sup>2</sup>, Dian Widi Astuti <sup>3</sup>, Catur Apriono <sup>4</sup>, Arie Pangesti Aji <sup>5</sup>

<sup>1,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup> Pusat Riset Telekomunikasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bandung, Indonesia

<sup>4</sup> Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia

<sup>5</sup> Departemen Teknik Elektro, Universitas Dian Nusantara, Jakarta, Indonesia

Email\*: dian.rusdiyanto@mercubuana.ac.id

**Abstrak** - Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi bentuk radiator terhadap lebar pita *axial ratio* (LPAR) pada antena mikrostrip yang dirancang untuk menghasilkan polarisasi melingkar. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menentukan bentuk radiator yang paling efektif dalam memperluas LPAR tanpa mengorbankan nilai *axial ratio* pada frekuensi resonansi. Metode yang digunakan meliputi perancangan dan simulasi tiga model antena dengan modifikasi pemotongan sudut (*truncated corner*) berbentuk segitiga, lingkaran, dan persegi pada elemen peradiasi yang disimulasikan menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio. Substrat yang digunakan berbasis FR4 dengan nilai konstanta dielektrik 4,6 dan ketebalan 1,6 mm. Masing-masing model dianalisis dari segi koefisien refleksi dan *axial ratio* untuk mendapatkan performa optimal pada frekuensi kerja 2450 MHz. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model *truncated corner* persegi memiliki nilai LPAR terbesar sebesar 150,3 MHz, sedangkan bentuk segitiga dan lingkaran mempunyai nilai LPAR 103,1 MHz dan 118,8 MHz secara berurutan. Penelitian ini menunjukkan bahwa bentuk radiator mempengaruhi performa *axial ratio* dan LPAR. Oleh karena itu, pemodelan model *truncated corner* ini dapat dijadikan referensi desain antena mikrostrip dengan polarisasi melingkar pada aplikasi WLAN dan GPS.

**Kata kunci:** radiator; *axial ratio*; LPAR; *truncated corner*; stub

**Abstract** - This study aims to analyze the effect of radiator shape variations on the axial ratio bandwidth (LPAR) of a microstrip antenna designed to produce circular polarization. The main objective of this study is to determine the most effective radiator shape in expanding the LPAR without sacrificing the axial ratio value at the resonant frequency. The method used includes the design and simulation of three antenna models with truncated corner modifications in the form of triangles, circles, and squares on the radiating elements simulated using CST Microwave Studio software. The substrate used is FR4-based with a dielectric constant value of 4.6 and a thickness of 1.6 mm. Each model is analyzed in terms of reflection coefficient and axial ratio to obtain optimal performance at a working frequency of 2450 MHz. The simulation results show that the square truncated corner model has the largest LPAR value of 150.3 MHz, while the triangle and circle shapes have LPAR values of 103.1 MHz and 118.8 MHz respectively. This study shows that the radiator shape affects the performance of the axial ratio and LPAR. Therefore, this truncated corner model can be used as a reference for designing microstrip antennas with circular polarization in WLAN and GPS applications.

**Keywords:** radiator; *axial ratio*; ARBW; *truncated corner*; stub

## I. PENDAHULUAN

Polarisasi merupakan salah satu karakteristik fundamental dari suatu antena yang menentukan arah medan listrik gelombang elektromagnetik. Jenis-jenis polarisasi antena diantaranya polarisasi linear, sirkular (melingkar), dan elips. Pemilihan polarisasi suatu antena biasanya disesuaikan dengan aplikasi yang akan digunakan [1]. Sebagai contoh, polarisasi linier biasa digunakan pada komunikasi satelit dan *link microwave* terestrial, sedangkan polarisasi sirkular banyak digunakan pada aplikasi WLAN dan GPS [2][3]. Keunggulan polarisasi sirkular adalah kemampuannya dalam mengurangi sensitivitas terhadap orientasi antena dan efek multipath.

Salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam menentukan kualitas polarisasi sirkular adalah axial ratio (AR), dimana nilai ideal AR berada di bawah 3 dB [4]. Selain itu, lebar pita axial ratio (LPAR) juga perlu diperhatikan sebagai rentang frekuensi kerja yang beroperasi pada menjadi penting, karena menunjukkan rentang polarisasi sirkular. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [5] mengusulkan model ANN untuk optimasi axial ratio. Walaupun demikian, model tersebut kurang mengeksplorasi aspek geometris radiator. Studi perancangan antena polarisasi sirkular juga dilakukan oleh [6] yang menunjukkan pendekatan dual-feed untuk mencapai polarisasi sirkular, namun struktur yang diajukan cukup kompleks. Solusinya, dapat menggunakan metode single-feed dengan modifikasi geometri patch seperti *truncated corner* sehingga strukturnya lebih sederhana dan ringkas, seperti yang dilakukan oleh [7] yang menghasilkan 1,1% - 1,3% nilai *bandwidth axial ratio*. Metode lainnya dapat dilakukan dengan modifikasi elemen peradiasi pada metode *coplanar waveguide* (CPW) [8].

Parameter polarisasi melingkar, dapat ditentukan dengan melihat nilai *axial ratio* yang didefinisikan sebagai perbandingan antara sumbu minor dan mayor dari elips polarisasi. Jika rasionya satu banding satu atau jika sumbu minor dan mayornya sama maka energi dipancarkan dalam pola melingkar [9], [10]. Standar *axial ratio* untuk polarisasi melingkar biasanya sama dengan atau di bawah 3 dB [11]. Penelitian ini secara spesifik meneliti lebih lanjut tentang nilai pita lebar (*bandwidth*) dari *axial ratio* (LPAR) pada model elemen peradiasi dalam berbagai bentuk. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektifitas LPAR yang dihasilkan dari masing-masing model. Metode yang digunakan berupa komparasi dari

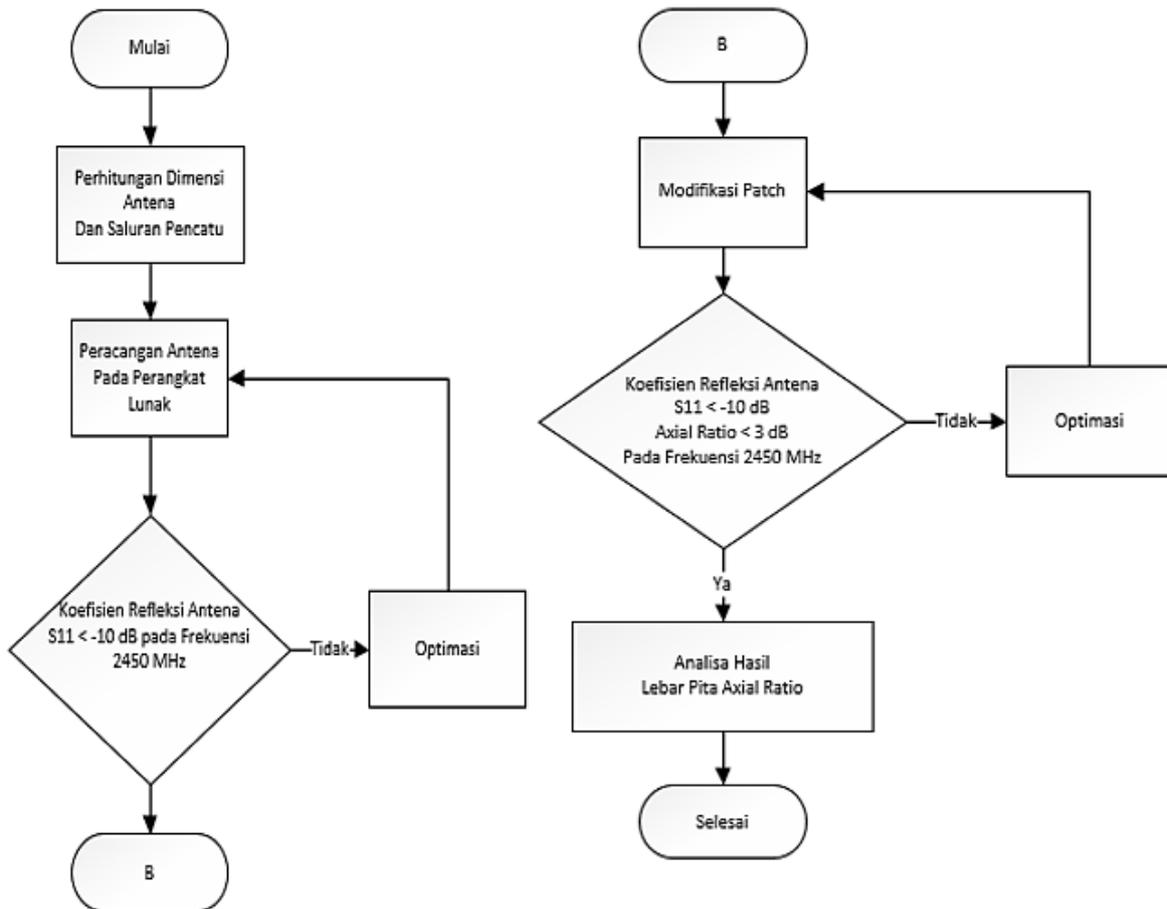
masing-masing model diawali dengan perancangan bentuk dasar *patch* berupa persegi. Dari pola awal tersebut selanjutnya dilakukan modifikasi pemotongan sudut (*truncated corner*). Pemotongan sudut yang diajukan berbentuk segitiga, persegi dan lingkaran. Penelitian sebelumnya banyak menggunakan bentuk pemotongan segitiga [12][13]. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba menganalisis model lain untuk mengetahui efektifitas LPAR yang dihasilkan. Selanjutnya, ketiga model ini dibandingkan dengan melihat parameter-parameter antena seperti koefisien refleksi dan *axial ratio*.

## II. METODOLOGI

### A. Diagram Alir

Pada penelitian ini proses perancangan antena dilakukan dengan beberapa tahap diantaranya menentukan frekuensi kerja, jenis material, perhitungan dimensi antena, simulasi antena dan analisis parameter antena seperti yang terlihat pada **Gambar 1**. Frekuensi kerja antena menggunakan frekuensi kerja aplikasi WLAN dengan frekuensi tengah 2450 MHz. Material substrat yang digunakan berjenis FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm, konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) 4,6 dan *loss tangent* 0,0265. Elemen peradiasi (*patch*) berupa tembaga (*copper*) dengan ketebalan 0,035 mm.

Perancangan antena divisualisasikan menggunakan perangkat lunak berupa CST Microwave Studio dengan bentuk *patch* persegi panjang. Langkah awal menentukan panjang dan lebar radiator/*patch*. Kemudian diikuti dengan menentukan lebar saluran pencatu dengan target 50 Ohm. Desain antena dimulai dengan model dasar *patch* persegi dengan penambahan *stub* pada bidang saluran pencatu. *Stub* berguna untuk mendapatkan *matching* impedansi tanpa mengganggu nilai *axial ratio* pada setiap model antena [14], [15]. Di sisi lain penggunaan *cavity back slot* juga dapat mencapai target *matching* impedansi [16]. Namun karena model antena menggunakan *transmission line* maka lebih sesuai menggunakan *stub*. Setelah model konvensional dibuat, selanjutnya dilakukan modifikasi pada radiator (*patch*) terutama pada sudut diagonal. Modifikasi antena berbentuk pemotongan (*truncated*) dengan tiga bentuk yang berbeda-beda seperti segitiga, persegi dan lingkaran. Ketiga model antena dirancang untuk mendapatkan target koefisien refleksi di bawah -10 dB dan nilai *axial ratio* di bawah 3 dB. Hasil simulasi tersebut kemudian dibandingkan untuk diketahui nilai lebar pita *axial rationya*.



Gambar 1. Diagram Alir

### B. Spesifikasi Material

Perancangan awal antenna berbentuk konvensional pada *patch* dengan model persegi panjang yang terdiri dari panjang ( $L_p$ ) dan lebar ( $W_p$ ). Nilai panjang dan lebar dihitung menggunakan Persamaan (1) dengan memasukkan karakteristik dari antenna dan variabel material antenna. Spesifikasi material antenna secara detail dapat dilihat pada **Tabel I**.

$$W_p = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad \dots (1)$$

Dari persamaan (1) diketahui  $c$  merupakan kecepatan cahaya,  $f_r$  frekuensi resonan 2450 MHz dan  $\epsilon_r$  konstanta dielektrik substrat 4,6. Dari hasil perhitungan diketahui nilai  $W_p$  sebesar 36,58 mm. Langkah selanjutnya menentukan nilai  $L_p$  yang dihitung dari persamaan (2-4) [1][4].

Tabel I. Spesifikasi Material Antena	
Substrat FR4-Epoxy	
Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ )	4.6
Ketebalan ( $h$ )	1,6 mm
Dielektrik loss tangen ( $\tan \delta$ )	0,0265
Tembaga	
Ketebalan	0,035 mm
Permitifitas	1
Permeabilitas	0,99991

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

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

$$L_p = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad \dots (4)$$

### C. Perhitungan Dimensi

Menggunakan spesifikasi material antenna, maka nilai  $W_p$  ditentukan berdasarkan persamaan (1) [1][4].

Untuk mencari nilai  $L_p$  maka perlu diketahui terlebih dahulu nilai konstanta dielektrik efektif  $\epsilon_{reff}$  dengan persamaan (2), kemudian menentukan *length extension*  $\Delta L$  pada persamaan (3). Setelah mendapatkan nilai  $\epsilon_{reff}$  dan  $\Delta L$ , maka

diketahui besai  $L_p$  sebesar 28,02 mm. Proses selanjutnya menentukan lebar saluran pencatu  $W_f$  yang ditentukan dari persamaan (5-6) [1][4].

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad \dots (5)$$

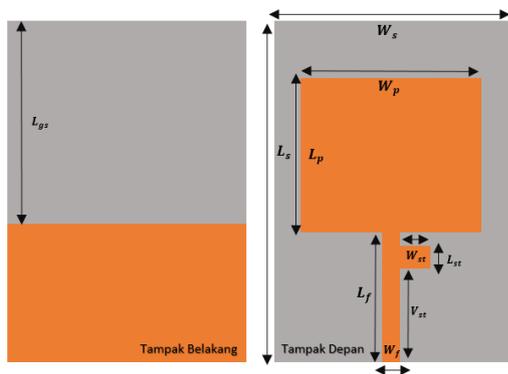
$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad \dots (6)$$

#### D. Perancangan dan Simulasi

Berdasarkan persamaan (6-7) diketahui nilai  $W_f$  sebesar 3 mm. Setelah mendapatkan nilai  $W_p$ ,  $L_p$ ,  $W_f$  dan maka selanjutnya merancang antenna pada simulasi dengan desain awal *patch* persegi. Untuk memperlebar *bandwidth* antenna, maka dilakukan pemotongan pada sisi ground seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2** [12]. Penggunaan *stub* bertujuan untuk mendapat *matching* impedansi dan sangat membantu pada saat optimasi *axial ratio*. Ukuran geometri antenna setelah proses optimasi dapat dilihat pada **Tabel II**.

Tabel II. Parameter Antena

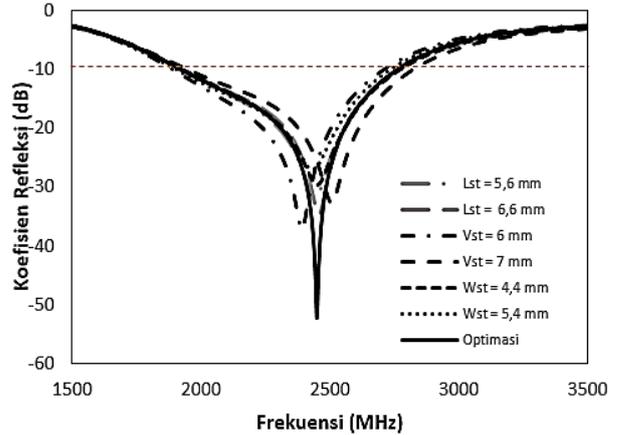
Parameter	Nilai (mm)
$W_s$	47,5
$L_s$	52,1
$W_p$	36,5
$L_p$	28,2
$W_f$	3
$L_f$	26
$W_{st}$	4,9
$L_{st}$	6,1
$V_{st}$	16,4
$L_{gs}$	40



Gambar 2. Gambar Model dasar (Antena 1)

**Tabel II** menunjukkan nilai variabel setelah dilakukan proses optimasi pada *stub*. Hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 3** yang merupakan koefisien refleksi (S11) hasil simulasi. **Gambar 3** memperlihatkan proses iterasi yang dilakukan

dengan mengubah parameter *stub*  $W_{st}$ ,  $L_{st}$  dan  $V_{st}$ . Hasil optimal ditunjukkan pada **Tabel II** dimana frekuensi tengah 2450 MHz mempunyai nilai koefisien refleksi -52,4 dB dan lebar *bandwidth* (< -10 dB) sebesar 856 MHz pada rentang frekuensi 1918 MHz – 2764 MHz. Hasil ini cukup optimal untuk menjadi acuan perancangan untuk masuk ke proses selanjutnya.



Gambar 3. Hasil optimasi *stub* Antena 1

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

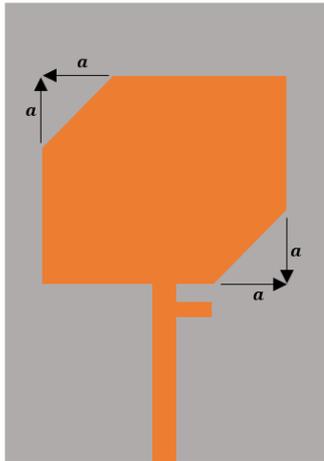
Substansi dari penelitian ini untuk melihat perbedaan lebar pita *axial ratio* (LPAR) dari model radiator/elemen peradiasi dengan membedakan dari masing-masing elemen. Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai *axial ratio* optimal berupa *truncated corner* atau pemotongan sudut diagonal dari *patch* persegi. Bentuk *truncated corner* yang diajukan pada penelitian ini diantaranya bentuk segitiga, lingkaran dan persegi.

#### A. Truncated Corner Segitiga

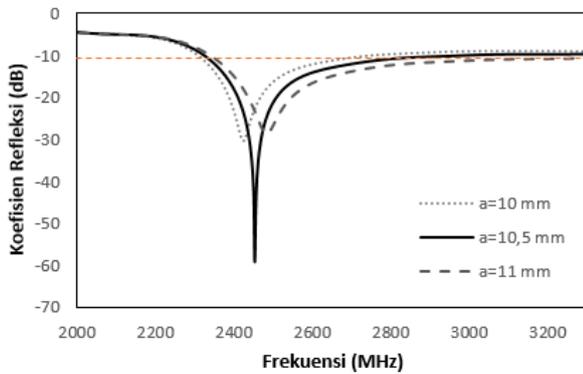
Pada bagian ini menjelaskan *truncated* elemen bentuk segitiga. Secara umum, model dasar dan dimensi sama seperti Antena 1. Perbedaannya terletak pada ukuran *stub* dan panjang slot di ground  $L_{gs}$ . **Gambar 4** menunjukkan model *truncated corner* bentuk segitiga siku-siku. Dimensi geometri antenna diantaranya  $a = 10,5 \text{ mm}$ ,  $W_{st} = 5,8 \text{ mm}$ ,  $L_{st} = 2,5 \text{ mm}$ ,  $V_{st} = 21,2 \text{ mm}$  dan  $L_{gs} = 37,7 \text{ mm}$ .

Menggunakan dimensi tersebut, koefisien refleksi dan *axial ratio* sesuai dengan hasil yang diinginkan dimana nilai koefisien refleksi pada frekuensi 2450 MHz adalah -53,8 dB dan mempunyai *bandwidth* sebesar 686,6 MHz pada rentang frekuensi 2321 MHz – 3007,6 MHz. **Gambar 5** merupakan hasil optimasi dari sisi segitiga dimana nilai  $a$  terbaik mempunyai nilai 10,5 mm. Jika nilai  $a$  ditambah atau dikurangi

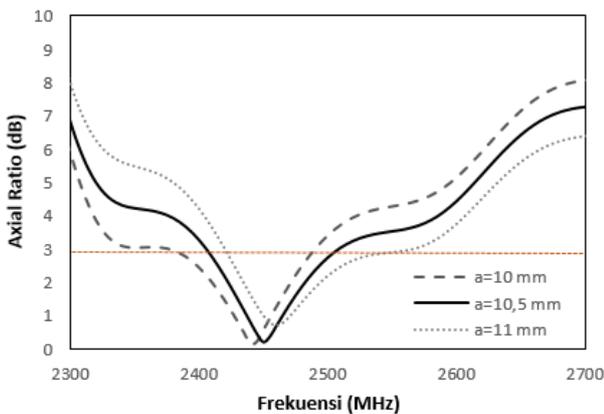
maka koefisien refleksi terutama pada frekuensi tengah semakin membesar.



Gambar 4. Antena 2: Model *Truncated corner* Segitiga



Gambar 5. Koefisien Refleksi Antena 2



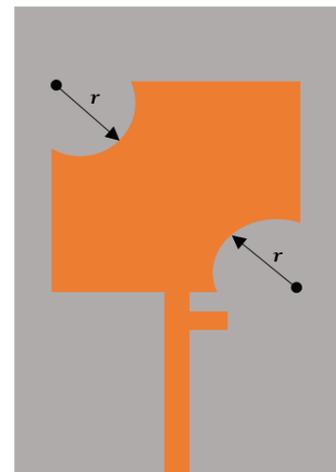
Gambar 6. Axial Ratio Antena 2

Nilai *axial ratio truncated corner* bentuk segitiga dapat dilihat pada Gambar 6. Besar LPAR yang dihasilkan dari model ini sebesar 103,1 MHz pada rentang frekuensi 2405,5 MHz - 2508,6 MHz. Pada frekuensi 2450 MHz nilai *axial rasionya* 0,19 dB. Similar dengan optimasi koefisien refleksinya, perubahan nilai *a* mempengaruhi nilai *axial ratio* pada frekuensi tengah dan LPAR nya. Pada saat nilai *a* sebesar 10 mm dan 11 mm mempunyai besar LPAR 110,2 MHz (2379,4 MHz - 2489,6

MHz) dan 147,2 MHz (2419,9 MHz – 2567,1 MHz) secara berurutan. Nilai LPAR perubahan *a* (10 mm dan 11 mm) tersebut lebih besar dibanding *a* = 10,5 mm namun nilai *axial ratio* pada frekuensi tengah juga semakin membesar.

### B. *Truncated Corner* Lingkaran

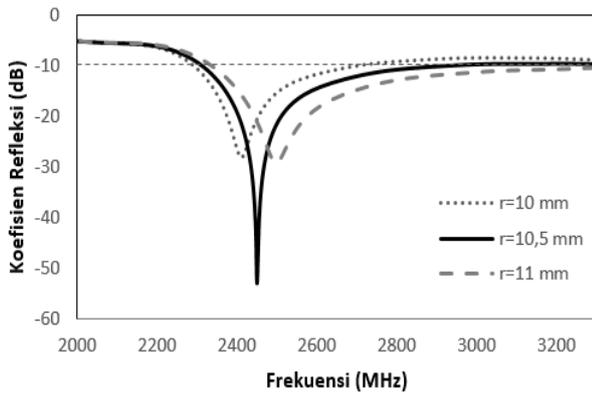
Bentuk *truncated corner* lingkaran mengambil titik tengah jari-jari *r* pada sudut radiator persegi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Berbeda dengan model segitiga, dimensi *stub*  $W_{st}$ ,  $L_{st}$  dan  $V_{st}$  untuk *matching* impedansi *truncated corner* lingkaran bernilai 6,1 mm, 2,5 mm, dan 10,5 mm secara berurutan. Untuk panjang  $L_{gs}$  nya sama seperti *truncated corner* segitiga yaitu 37,7 mm.



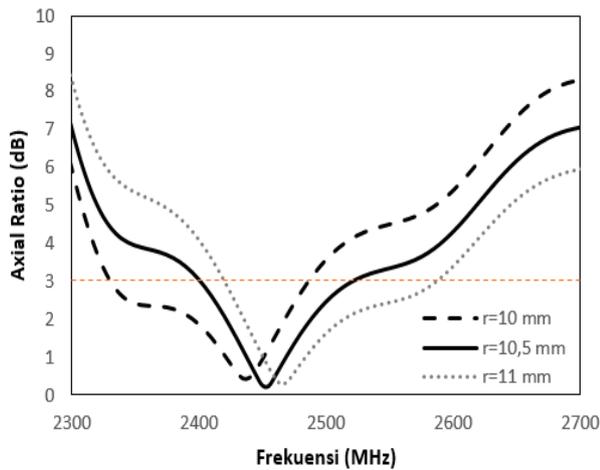
Gambar 7. Antena 3: Model *Truncated corner* lingkaran

Gambar 8 menunjukkan nilai koefisien refleksi hasil iterasi nilai *r*, dimana nilai *r* yang optimal berada pada panjang 10,5 mm. Iterasi *r* pada simulasi ini hanya mengikuti iterasi *axial ratio* untuk mengetahui perbedaan LPAR nya. Walaupun demikian, optimasi nilai S11 tetap menggunakan parameter *stub*. Pada frekuensi 2450 MHz, nilai mempunyai nilai koefisien refleksi sebesar -52,7 dB dengan *bandwidth* 598,8 MHz pada rentang frekuensi 2313,8 MHz sampai 2912,6 MHz. Nilai koefisien refleksi ini bergeser ketika variabel *r* bertambah atau berkurang.

Nilai *axial ratio truncated corner* lingkaran dapat dilihat pada Gambar 9, dimana *axial ratio* frekuensi 2450 MHz dengan *r* = 10,5 mm bernilai 0,27 dB dan nilai LPAR nya sebesar 118,8 MHz pada rentang frekuensi 2401,6 MHz sampai 2520,4 MHz. Sedangkan nilai LPAR pada saat *r* sebesar 10 mm dan 11 mm adalah 155,3 MHz (2330,9 MHz – 2486,2 MHz) dan 165,9 MHz (2420,6 MHz – 2586,5 MHz). Nilai LPAR kedua iterasi tersebut lebih besar, namun nilai *axial ratio* pada frekuensi resonannya meningkat.



Gambar 8. Koefisien Refleksi Antena 3



Gambar 9. Axial Ratio Antena 3

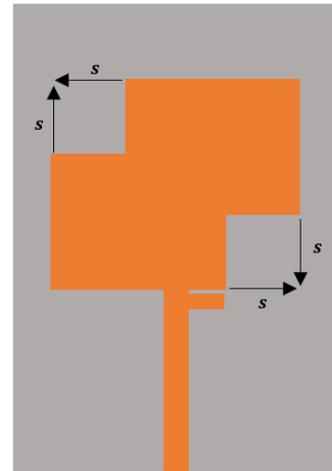
### C. Truncated Corner Persegi

Perancangan selanjutnya menggunakan model *truncated* persegi dimana sisi-sisi pemotongan persegi dituliskan dengan simbol  $s$  seperti yang terlihat pada **Gambar 10**. Dengan dimensi yang sama seperti kedua model sebelumnya, yang membedakan hanya ukuran *stub* dimana nilai  $W_{st}$ ,  $L_{st}$  dan  $V_{st}$  sebesar 7,4 mm, 2,7 mm dan 25,33 mm secara berurutan. Sisi pemotongan bernilai 8,9 mm dengan panjang  $L_{gs}$  nya sebesar 36,1 mm.

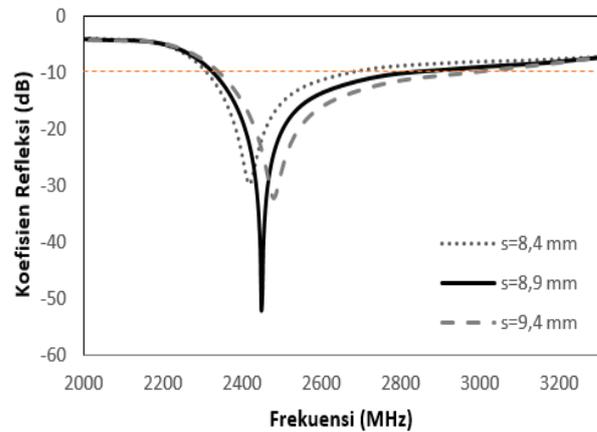
Hasil iterasi koefisien refleksi *truncated corner* persegi dapat dilihat pada **Gambar 11** dimana koefisien refleksi optimal frekuensi 2450 MHz berada pada variabel  $s = 8,9$  mm dengan nilai -51,34 dB. Model ini mempunyai *bandwidth* sebesar 464 MHz pada rentang frekuensi 2327,2 MHz sampai 2837,2 MHz. Nilai koefisien refleksinya bergeser dengan bertambah dan berkurangnya nilai  $s$ .

**Gambar 12** menunjukkan *axial ratio truncated corner* persegi dari tiga proses iterasi nilai  $s$ , dimana nilai  $s = 8,9$  mm mempunyai nilai *axial ratio* optimal pada frekuensi 2450 MHz sebesar 0,31 dB dan nilai LPAR nya 150,3 MHz pada rentang frekuensi 2380,4 MHz sampai 2530,7 MHz. Iterasi pada saat  $s=8,4$  dan 9,4 mempunyai

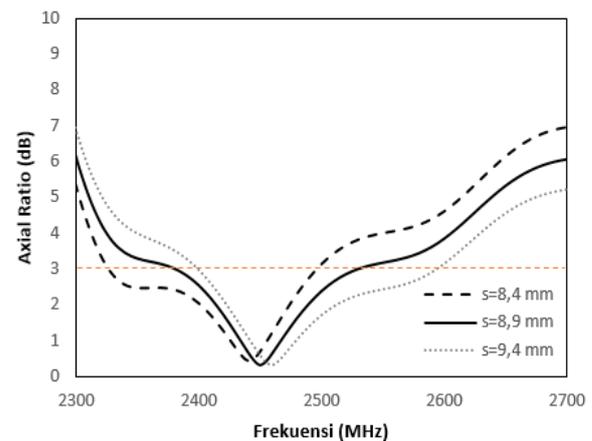
nilai LPAR sebesar 169,5 MHz (2327,1 MHz - 2496,6 MHz) dan 193,4 MHz (2400,1 MHz - 2593,5 MHz) secara berturut-turut.



Gambar 10. Antena 4: Model *Truncated corner* persegi



Gambar 11. Koefisien Refleksi Antena 4

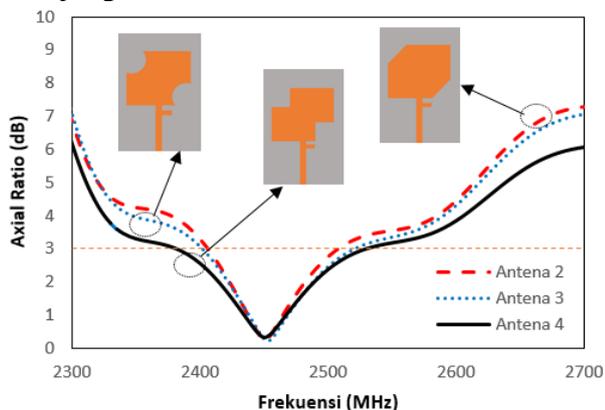


Gambar 12. Axial Ratio Antena 4

### D. Analisis Hasil

Setelah melakukan perancangan dengan ketiga model antenna dan melihat hasil simulasi berdasarkan parameter koefisien refleksi dan nilai LPAR maka dapat dianalisis dan dibandingkan berdasarkan prosesnya. Analisis pertama dimulai

dengan menganalisis performa *stub* sebagai *matching* impedansi yang berkeja sesuai dengan target dimana perubahan dimensi *stub* tidak mempengaruhi nilai *axial ratio*.



Gambar 13. Perbandingan Axial ratio Antena

Jika melihat **Gambar 13**, Bentuk *truncated corner* persegi mempunyai nilai LPAR yang lebih besar dibanding kedua bentuk lainnya dengan perbedaan lebih dari 30 MHz. Walaupun demikian, jika melihat nilai *axial ratio* pada frekuensi 2450 MHz, bentuk segitiga mempunyai nilai yang lebih dalam sebesar 0,19 dB. Proses iterasi pada *truncated* elemen berpengaruh pada nilai *axial ratio* dan LPAR. Dalam penelitian ini, untuk melihat grafik frekuensi terhadap *axial ratio*, terlebih dahulu dicari nilai *axial ratio* pada frekuensi 2450 MHz dengan sudut tetap  $\phi$   $90^\circ$  dan sudut  $\theta$  di  $0^\circ$ . Jika pada frekuensi tersebut mempunyai nilai *axial ratio* di bawah 0,5 dB, maka proses selanjutnya dibuat grafik frekuensi terhadap *axial ratio*. Jika melihat iterasi *axial ratio* dari ketiga model terlihat nilai LPAR masing-masing bentuk baik di atas maupun di bawah angka optimasi mempunyai nilai LPAR yang lebih besar. Kemudian penelitian ini mencoba masuk pada nilai-nilai tersebut untuk mencapai LPAR yang lebih besar, namun hasilnya tetap lebih besar nilai iterasi di atas atau di bawah bentuk tersebut. Hal ini disebabkan karena fokus pencarian nilai *axial ratio* hanya pada frekuensi 2450 MHz dimana nilainya harus optimal. Jika mengabaikan nilai *axial ratio* pada frekuensi tersebut, maka nilai LPAR berpotensi untuk menjadi besar. Pemilihan hasil parameter ini bergantung pada target dan aplikasi yang akan digunakan.

**Tabel III** memperlihatkan rangkuman hasil simulasi dari keempat desain. Untuk nilai koefisien refleksi masih dapat dimaksimalkan dengan mengatur dimensi *stub*. Selain itu nilai  $L_{gs}$  juga berpengaruh terhadap koefisien refleksi dan *axial ratio*. Besar LPAR masing-masing desain lebih kecil dibanding *bandwidth* koefisien refleksi

dimana rentang frekuensi LPAR masih dalam cakupan *bandwidth*. Jika dipresentasikan besar *bandwidth* LPAR dibanding koefisien refleksi Antena 2, Antena 3, dan Antena 4 adalah 15,02%, 25,6 %, dan 21,89% secara berurutan.

Tabel III. Parameter Antena

Parameter	Antena 1	Antena 2	Antena 3	Antena 4
Koefisien Refleksi @2450 MHz (dB)	-52,4	-53,8	-52,7	-51,34
Bandwidth (MHz)	856	686,6	464	686,6
Frekuensi Atas (MHz)	1918	2321	2313,8	2327
Frekuensi Bawah (MHz)	2764	3007,6	2912,6	2837
Axial ratio at 2450 MHz (dB)	Linear	0,19	0,27	0,31
LPAR (MHz)	-	103,1	118,8	150,3

Analisis pada distribusi medan listrik dan arus permukaan yang terpengaruh dari bentuk *truncated corner*. Bentuk persegi memiliki LPAR yang lebih besar karena menghasilkan jalur resonansi yang lebih panjang dibanding bentuk lainnya. Walaupun demikian, nilai *axial ratio* terkecil dimiliki oleh bentuk segitiga yang memiliki distribusi medan listrik yang lebih merata.

**Tabel IV** menunjukkan komparasi hasil penelitian yang telah dilakukan dari beberapa referensi sebelumnya yang menggunakan metode *truncated corner* pada antena mikrostrip. Semua referensi yang ditampilkan menggunakan pemotongan berbentuk segitiga. Beberapa penelitian menampilkan besar LPAR, namun sebagian tidak. Pada **Tabel IV** terlihat nilai LPAR maksimal yang dicapai oleh [13] hanya 65 MHz di frekuensi tengah 9200 MHz. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dengan melakukan pengujian pada frekuensi 2450 MHz dan membandingkan tiga bentuk pemotongan sudut: segitiga, lingkaran, dan persegi. Hasilnya menunjukkan bahwa model persegi menghasilkan LPAR terbesar yaitu 150,3 MHz dengan axial ratio sebesar 0,31 dB. Model lingkaran menghasilkan LPAR sebesar 118,8 MHz dan axial ratio 0,27 dB, sedangkan segitiga memberikan axial ratio terbaik yaitu 0,19 dB dengan LPAR 103,1 MHz. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini tidak hanya mampu mempertahankan axial ratio yang rendah (di bawah 3 dB) sesuai standar polarisasi sirkular, tetapi juga berhasil meningkatkan lebar pita axial ratio secara signifikan dibandingkan dengan penelitian

terdahulu. Hal ini menunjukkan efektivitas pendekatan desain antena dengan variasi truncated corner, terutama model persegi, dalam menghasilkan performa yang lebih luas dan stabil untuk aplikasi komunikasi nirkabel.

Tabel IV. Perbandingan hasil penelitian

Ref	Model Truncating	Frekuensi (MHz)	Axial Ratio (dB)	LPAR (Mhz)
[2]	Segitiga	1575	1.35	17
[5]	Segitiga	2995	0.19	-
[12]	Segitiga	2600	0.35	-
[13]	Segitiga	5800	2,2	50
		9200	2,3	65
Penelitian ini	Segitiga	2450	0,19	103,1
	Lingkaran		0,27	118,8
	Persegi		0,31	150,3

Beberapa hal yang perlu dikembangkan dari hasil simulasi diantaranya konfigurasi bentuk *truncated corner* perlu dioptimalkan dalam berbagai sudut dan besarnya dimensi. Penggunaan *slot* pada *ground* bermanfaat untuk meningkatkan *bandwidth* dan juga berpengaruh terhadap nilai *axial ratio*. Sehingga parameter tersebut perlu dikombinasikan dengan bentuk *truncated* element agar dapat optimal. Dengan desain yang masih sederhana, maka dapat dikembangkan dengan berbagai model lain seperti radiator dasar lingkaran, segitiga, atau penambahan slot juga perlunya melihat *surface current* untuk mengetahui bidang optimal polarisasi melingkar.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah melakukan simulasi pada antena mikrostrip dengan bentuk radiator yang berbeda terutama pada model pemotongan sudut (*truncated corner*). Hasil simulasi menunjukan ketiga bentuk radiator mempunyai polarisasi melingkar dimana nilai *axial ratio* nya kurang dari 3 dB. Nilai lebar pita *axial ratio* (LPAR) berbeda satu sama lain dimana bentuk *truncated corner* persegi mempunyai nilai 150,3 MHz dan yang terkecil bentuk segitiga dengan nilai 103,1 MHz. Walaupun demikian, jika melihat nilai *axial ratio* pada frekuensi 2450 MHz, bentuk segitiga mempunyai nilai yang optimal dibanding yang lain dengan nilai 0,19 dB. Penggunaan *stub* pada perancangan ini juga berguna untuk mendapatkan *matching impedansi* tanpa mempengaruhi nilai *axial ratio*. Jadi dapat disimpulkan bahwa perbedaan radiator atau metode *truncated corner* sangat berpengaruh terhadap nilai *axial ratio* dan LPAR. Sebagai pengembangan terhadap penelitian ini dapat menggunakan model dalam bentuk lain dan menggunakan variabel-variabel lain sebagai pembandingan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. A. Balanis, *Antenna Theory; Analysis And Design*, Thrid Edit. New Jersey, 2005. doi: 10.1109/proc.1984.12959.
- [2] D. Rusdiyanto, F. Y. Zulkifli, and E. T. Rahardjo, "A circularly polarized microstrip antenna for GPS application as small boat guidance," *IEEE Reg. 10 Humanit. Technol. Conf. R10-HTC*, vol. 2018-Decem, pp. 1–3, 2019, doi: 10.1109/R10-HTC.2018.8629818.
- [3] M. Midya, S. Bhattacharjee, and M. Mitra, "Compact Cpw-Fed Circularly Polarized Antenna for Wlan Application," *Prog. Electromagn. Res. M*, vol. 67, no. April, pp. 65–73, 2018, doi: 10.2528/piemr18021505.
- [4] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahal, and A. Ittipiboon, *Artech - Microstrip Antenna Design Handbook.pdf*. London: Artech House, 2001.
- [5] Z. Wang, S. Fang, Q. Wang, and H. Liu, "An ANN-based synthesis model for the single-feed circularly-polarized square microstrip antenna with truncated corners," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 12, pp. 5989–5992, 2012, doi: 10.1109/TAP.2012.2214195.
- [6] A. D. Novella, H. Wijanto, and A. D. Prasetyo, "Dual-feed circularly polarized microstrip antenna for S-Band transmitter of Synthetic Aperture Radar (SAR) system," *14th Int. Conf. QiR (Quality Res. QiR 2015 - conjunction with 4th Asian Symp. Mater. Process. ASPM 2015 Int. Conf. Sav. Energy Refrig. Air Cond. ICSERA 2015*, pp. 4–7, 2016, doi: 10.1109/QiR.2015.7374882.
- [7] S. Kumar, B. K. Kanaujia, M. K. Khandelwal, and A. K. Gautam, "Single-Feed Superstrate Loaded Circularly Polarized Microstrip Antenna for Wireless Applications," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 92, no. 4, pp. 1333–1346, 2017, doi: 10.1007/s11277-016-3608-y.
- [8] A. A. Odhekar and A. A. Deshmukh, "Coplanar Waveguide Fed Broadband Circularly Polarized Corner Truncated Slot Antenna," *2021 Int. Conf. Nascent Technol. Eng. ICNET 2021 - Proc.*, no. Icnete, pp. 1–6, 2021, doi: 10.1109/ICNTE51185.2021.9487713.
- [9] G. Varshney, V. S. Pandey, and R. S. Yaduvanshi, "Axial ratio bandwidth enhancement of a circularly polarized rectangular dielectric resonator antenna," *Int. J. Microw. Wirel. Technol.*, vol. 10, no. 8, pp. 984–990, 2018, doi: DOI: 10.1017/S1759078718000764.
- [10] L. Sun, Y. Lu, G. Ou, and S. Tan, "Axial Ratio Bandwidth of a Circularly Polarized Microstrip Antenna," A. A. Kishk, Ed., Rijeka: IntechOpen, 2013. doi: 10.5772/54664.
- [11] S. Alam *et al.*, "Bandwidth Enhancement and Circular Polarization Microstrip Antenna Using L Slot and Rectangular Parasitic Stacked," *J. Nano-Electron. Phys.*, vol. 14, pp. 4021–4029, Jan. 2022, doi: 10.21272/jnep.14(4).04029.
- [12] A. Firdausi, I. M. D. Wahyudi, and M. Alaydrus, "Designing franklin's microstrip antenna with defected ground structure at mmwave frequency," *J. Commun.*, vol. 16, no. 12, pp. 559–565, 2021, doi: 10.12720/jcm.16.12.559-565.
- [13] T. Jami and M. Satya Sai Ram, "Edge-fed square truncated circularly polarized antenna for wireless LAN communication and medical applications," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 8, no. 7, pp. 2170–2174, 2019.
- [14] P. Lu, K. M. Huang, Y. Yang, F. Cheng, and L. Wu, "Frequency-Reconfigurable Rectenna with an Adaptive Matching Stub for Microwave Power Transmission," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 18, no. 5, pp. 956–960, 2019, doi: 10.1109/LAWP.2019.2906671.
- [15] A. K. Adiga, A. Mahesh, J. C. Dash, and D. Sarkar, "CSRR and Stub Loaded Miniaturised Tri-band Patch Antenna for 5G Base Station Application," *2022 IEEE Microwaves, Antennas, Propag. Conf. MAPCON 2022*, pp. 1651–1656, 2022, doi: 10.1109/MAPCON56011.2022.10047742.
- [16] D. W. Astuti, M. Megahari, and D. Rusdiyanto, "Perancangan Antena Diplexing Menggunakan Metode Half Mode SIW dengan Metode Cavity Back Slot Sebagai Matching Impedansi," vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2021.