

Perancangan Antena Mikrostrip *Array* Menggunakan Metode *Truncated Corner* dengan *U-Slot* pada Frekuensi 2,3 GHz

Maria Immaculata Lisa Prasetyani[#], Syah Alam, Indra Surjati

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

Jl. Kyai Tapa No.1, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11440, Indonesia

[#]lisapraset27@gmail.com

Abstrak

Antena merupakan komponen penting dalam sistem komunikasi nirkabel yang terus berkembang pada penggunaan frekuensi 2,3 GHz untuk aplikasi 4G/LTE. Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang memiliki kelebihan ukuran yang kecil sehingga mudah diterapkan. Namun antena mikrostrip memiliki beberapa kekurangan yaitu *bandwidth* yang sempit, *gain* yang kecil, dan keterarahannya yang kurang baik. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz untuk aplikasi 4G/LTE dengan menggunakan metode *truncated corner*, metode *array*, dan penambahan *U-slot*. Metode *truncated corner* digunakan agar antena menghasilkan polarisasi melingkar sehingga keterarahannya menjadi lebih baik. Metode *array* digunakan untuk memperoleh nilai *gain* yang maksimal, sedangkan penambahan *U-slot* bertujuan untuk memperkecil nilai *return loss* dan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) serta untuk mereduksi dimensi *patch* antena. Antena dirancang menggunakan *microstrip line*, bahan substrat FR4-Epoxy dengan nilai konstanta dielektrik 4,3, *loss tangent* 0,0265, dan ketebalan 1,6 mm. Dari hasil penelitian diperoleh desain antena mikrostrip *truncated corner array* 4 elemen dengan beban *U-slot* memiliki polarisasi melingkar.

Kata kunci: antena mikrostrip, *U-slot*, *array*, *axial ratio*, polarisasi melingkar

Abstract

Antenna is an important component in wireless communication systems that continue to develop in the use of 2,3 GHz frequency for 4G / LTE applications. Microstrip antenna is one type of antenna that has the advantage of having a small size so that it is easy to apply. However, microstrip antennas have some disadvantages, namely narrow bandwidth, small gain and poor directionality. In this research, a microstrip antenna design that works at 2,3 GHz frequency is performed for 4G/LTE applications using the truncated corner, array and U-slot addition methods. The truncated corner method is used so that the antenna produces a circular polarization so that the direction is better. The array method is used to obtain the maximum gain value. While the addition of U-slots aims to reduce the value of return loss and Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) and to reduce the dimensions of the antenna patch. In designing an antenna using a microstrip line, the substrate material used is FR4-Epoxy with a dielectric constant value 4.3, loss tangent 0.0265, and thickness 1.6 mm. The results obtained from the microstrip truncated corner array 4 element antenna design with U-slot load have a circular polarization.

Keywords: *microstrip antenna*, *U-slot*, *array*, *axial ratio*, *circular polarization*

I. PENDAHULUAN

Komunikasi pita lebar (*broadband*) yang bekerja pada rentang frekuensi 2300-2400 MHz salah satunya digunakan pada *Long Term Evolution* (LTE) [1]. Pada komunikasi nirkabel ini, diperlukan perangkat antena yang dapat berperan sebagai

pemancar atau penerima sinyal dibeberapa frekuensi kerja yang berbeda. Salah satu antena yang sering digunakan adalah antena mikrostrip yang memiliki kelebihan yaitu dapat bekerja pada frekuensi tinggi, memiliki dimensi lebih kecil, mudah digunakan, dan biaya fabrikasi lebih murah [2]. Namun pada antena mikrostrip juga memiliki

kekurangan yaitu memiliki *bandwidth* yang sempit, keterbatasan *gain*, serta keterarahan yang rendah [3]. Dengan demikian, untuk mengatasinya perlu dilakukan optimasi, salah satunya dapat menggunakan metode polarisasi melingkar yang bertujuan untuk meningkatkan keterarahan atau faktor terjadinya *loss* akibat ketidaksesuaian polarisasi (*cross polarization*) yang terdapat pada antena pemancar dan penerima [4]. Kemudian dapat diterapkan pula metode *array* untuk meningkatkan *gain* pada antena mikrostrip [5], [6]. Selain itu, untuk mereduksi dimensi pada antena mikrostrip dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode lainnya seperti *fractal* [7], [8], *peripheral slit* [9], [10], dan *slot* [11], [12].

Penelitian yang dilakukan oleh [13] berhasil merancang desain antena mikrostrip dengan polarisasi melingkar menggunakan metode *truncated corner array* 2 elemen yang berkerja pada frekuensi 2300 MHz. Antena yang dirancang menghasilkan *return loss* -20,58 dB, VSWR 1,207, *axial ratio* 1,188 dB, *gain* sebesar 7,974 dB, dan luas dimensi *patch* antena 1024 mm². Pada penelitian [14] dilakukan penambahan beban *U-slot* pada *patch* antena *truncated corner* 2 elemen *array* dan didapatkan hasil *return loss* sebesar -42,20 dB, VSWR sebesar 1,01, *gain* meningkat menjadi 9,443 dB, *axial ratio* menjadi 1,355 dB dan didapatkan luas dimensi *patch* antena menjadi 841 mm² (mereduksi 17,87%). Kemudian penelitian yang dilakukan oleh [15] berhasil merancang antena mikrostrip dengan polarisasi melingkar menggunakan metode *truncated corner array* 4 elemen yang menghasilkan nilai *return loss* -20 dB, VSWR 1,22, *gain* 10,58 dB, dan *axial ratio* 1,745 dB pada frekuensi kerja 2300 MHz. Pada penelitian ini didapatkan luas dimensi *patch* antena 1404 mm².

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz untuk aplikasi 4G/LTE dengan menggunakan metode *truncated corner*, metode *array*, dan penambahan *U-slot*. Berdasarkan data pada rancangan antena yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya [15], didapatkan ukuran *patch* antena yang masih terlalu besar dan kinerja parameter antena yang dihasilkan belum maksimal. Dengan demikian pada penelitian ini, akan dirancang antena mikrostrip *array* 4 elemen dengan penambahan beban *U-slot* pada bagian tengah *patch* untuk menghasilkan polarisasi melingkar yang dapat meningkatkan kinerja antena sekaligus mereduksi dimensi *patch* antena, serta

mengetahui efek dari penambahan beban *U-slot* pada *patch* antena.

II. METODE PENELITIAN

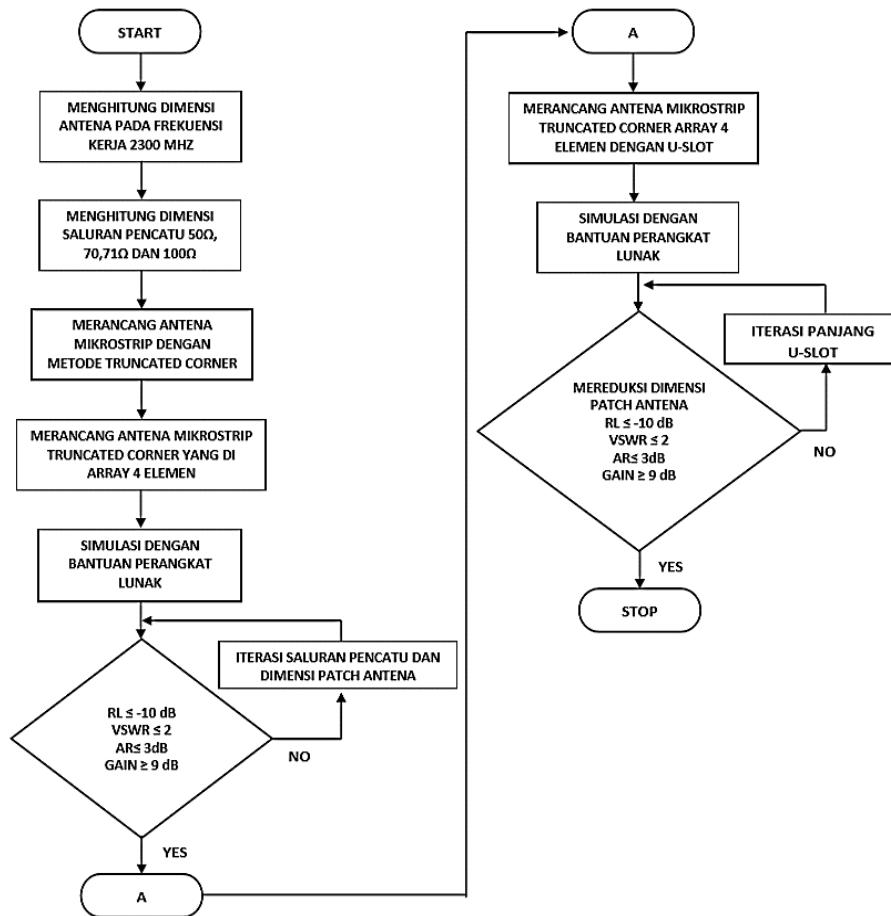
A. Proses Perancangan Antena

Penelitian sebelumnya [15], berhasil merancang antena mikrostrip *truncated corner array* 4 elemen, sehingga pada perancangan antena yang akan dibuat mengacu pada penelitian tersebut. Pada proses perancangan dilakukan beberapa tahapan secara sistematis untuk membantu dalam proses perancangan desain antena. Gambar 1 merupakan diagram alir perancangan antena yang akan dibuat. Pada perancangan antena terlebih dahulu menentukan frekuensi kerja yang diinginkan kemudian menentukan substrat yang akan digunakan. Setelah beberapa hal di atas telah dilakukan maka perancangan antena sudah dapat dilakukan, yaitu dengan menentukan dan menghitung dimensi *patch*, menghitung dimensi pencatu, dan melakukan simulasi antena yang telah dirancang.

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan antena *array* 4 elemen menggunakan metode *truncated corner* dengan iterasi melalui perangkat lunak komputer. Setelah diperoleh bentuk yang kompak dan spesifikasi yang diharapkan, maka selanjutnya dilakukan penambahan beban *U-slot* pada bagian tengah *patch* antena untuk memperoleh hasil parameter yang optimal dan dapat mereduksi dimensi *patch* antena yang dihasilkan dari penelitian [15]. Adapun indikator parameter antena mikrostrip yang akan dicapai adalah antara lain peningkatan *return loss*, VSWR, *gain*, dan dapat mereduksi dimensi antena mikrostrip sebelum diberikan *U-Slot*. Parameter *return loss* yang diharapkan adalah ≤ -10 dB, $VSWR \leq 2$, polarisasi melingkar dengan nilai *axial ratio* ≤ 3 dB dengan menggunakan metode *truncated corner* dan *gain* yang diperoleh ≥ 10 dB dengan metode *array* serta dengan penambahan beban *U-slot* dapat mereduksi dimensi dari *patch* antena yang tanpa menggunakan *U-slot*.

B. Perancangan Antena

Pada tahap awal, dirancang antena mikrostrip bentuk *rectangular* seperti pada Gambar 2, dengan menggunakan bahan substrat jenis FR-4 Epoxy yang memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r) 4,3, ketebalan (h) 1,6 mm, dan *loss tangen* ($\tan \alpha$) 0,0265. Untuk memperoleh dimensi panjang dan lebar dari antena mikrostrip persegi empat dapat digunakan persamaan (1) sampai dengan persamaan (5) [3].



Gambar 1. Diagram alir penelitian

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

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

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

$$\epsilon_{ref} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} [1 + 12 \frac{h}{w}]^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

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

dengan parameter yaitu:

W = lebar *patch* antena (m)

L = panjang *patch* antena (m)

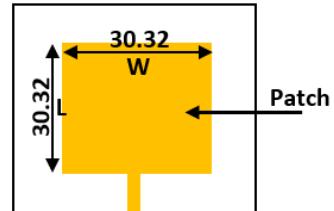
L_{eff} = Panjang efektif *patch* antena (m)

ϵ_{ref} = Konstanta dielektrik efektif

ΔL = pertambahan panjang *patch* (m)

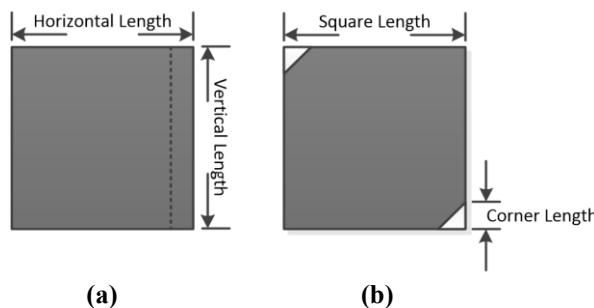
h = ketebalan substrat (mm)

f = Frekuensi (Hz)



Gambar 2. Bentuk antena mikrostrip *rectangular*

Agar menghasilkan polarisasi melingkar pada antena dengan bentuk desain *patch* antena persegi panjang dibuat menggunakan metode *truncated corner* yaitu dengan memotong bagian tepi pada *patch* antena mikrostrip dengan posisi diagonal. Sudut pemotongan tepi pada *patch* antena adalah 45° secara diagonal atau menyilang dengan lebar potongan 2 mm – 10 mm pada *patch* antena seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Metode *truncated corner* [14]: (a) *patch* persegi (b) bentuk *truncated corner*

Untuk dapat menghitung potongan pada tepi *patch* antena (ΔL) dapat dihitung dengan persamaan (6) dibawah ini [14].

$$\Delta L = \frac{1}{4} \times L \quad (6)$$

Dalam perancangan antena mikrostrip menggunakan metode *array* dengan jumlah elemen lebih dari satu, maka harus ditentukan jarak antar elemen. Jarak antar elemen (d) tersebut dapat diketahui dengan persamaan (7) [3].

$$d = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f} \quad (7)$$

dengan λ panjang gelombang dan c kecepatan cahaya (3×10^8 m/s). Pada penelitian ini digunakan metode *array* dengan 4 elemen yang disusun secara sejajar dengan menggunakan pencatu *microstrip line* dengan nilai impedansi 50 Ohm, 70,71 Ohm dan 100 Ohm. Penggunaan pencatu dengan impedansi yang berbeda bertujuan untuk mendapatkan nilai *matching* pada impedansi antena yang dirancang. Untuk menentukan dimensi lebar saluran pencatu *microstrip line* (W_z) dapat menggunakan persamaan (8) dan (9) dibawah ini [3].

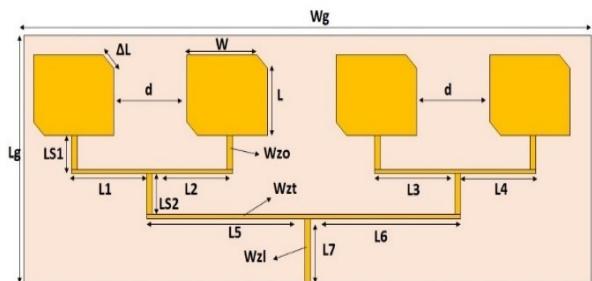
$$W_z = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} [\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}] \right\} \quad (8)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (9)$$

dengan parameter yaitu:

- W_z = lebar saluran pencatu (m)
- B = konstanta saluran pencatu mikrostrip
- ϵ_r = konstanta dielektrik

Pada Gambar 4 dapat dilihat desain dari antena mikrostrip *truncated corner* dengan metode *array* 4 elemen. Untuk menghubungkan masing-masing *patch* antena digunakan pencatu *microstrip line* Z_{ZL}



Gambar 4. Desain antena mikrostrip *truncated corner array* 4 elemen

Tabel 1. Ukuran dimensi perancangan antena

Dimensi antena	Simbol	Ukuran
Frekuensi	F	2,3 GHz
Panjang gelombang	λ	130 mm
Lebar <i>patch</i>	W	30,32 mm
Panjang <i>patch</i>	L	30,32 mm
Panjang diagonal <i>truncated corner</i>	ΔL	9 mm
Jarak antar <i>patch</i>	D	65 mm
Lebar saluran pencatu 50 Ohm	W_{ZL}	3 mm
Panjang saluran pencatu 50 Ohm (l7)	L_{ZL}	17,934 mm
Lebar saluran pencatu 70,71 Ohm	W_{ZT}	1 mm
Panjang saluran pencatu 70,71 Ohm (l1 dan l6)	L_{ZT}	18,429 mm
Lebar saluran pencatu 100 Ohm	W_{ZO}	1 mm
Panjang saluran pencatu 100 Ohm (l1, l2, l3, dan l4)	L_{ZO}	18,826 mm
Panjang substrat	L_g	65 mm
Lebar substrat	W_g	274 mm

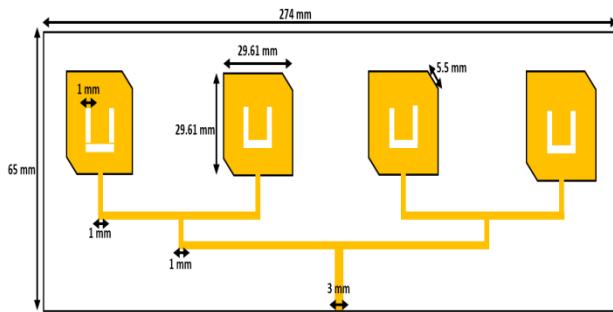
50 Ohm dengan lebar 3 mm, $Z_{ZT} = 70,71$ Ohm dengan lebar 1 mm dan $Z_{ZO} = 100$ Ohm dengan lebar 1 mm. Dimensi dari keseluruhan antena *array* 4 elemen adalah 274 x 65 mm dengan jarak antar elemen $d = 65$ mm, sedangkan dimensi dari panjang dan lebar *patch* antena mikrostrip $W = L = 30,32$ mm. Keterangan ukuran dimensi antena dapat dilihat pada Tabel 1.

Selanjutnya adalah menambahkan beban *U-slot* pada antena mikrostrip untuk mengoptimasi kinerja dari antena yang telah dirancang sebelumnya. Dimensi dari lebar *U-slot* (W_s) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (10) dibawah ini [14].

$$W_s = 0,01 \lambda \quad (10)$$

dengan parameter yaitu :

- W_s = Lebar slot (m)
- λ = Panjang gelombang (m)



Gambar 5. Desain antena dengan penambahan beban *U-slot*

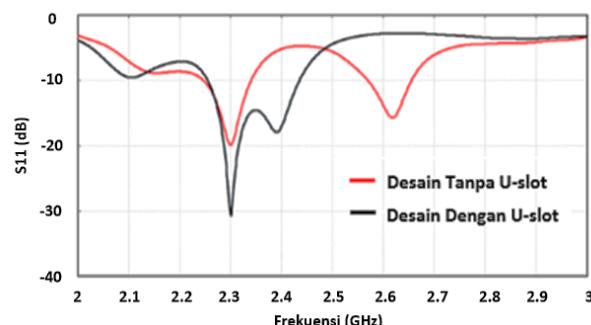
Pada Gambar 5 dapat dilihat desain antena *truncated corner array* 4 elemen yang telah ditambahkan beban *U-slot* dengan bentuk U yang di tempatkan di tengah *patch* antena dengan lebar *slot* sebesar $W_s = 1$ mm. Dimensi dari panjang dan lebar *patch* antena mikrostrip $W_p = L_p = 29,61$ mm dengan luas penampang PCB ukuran 274 mm x 65 mm.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

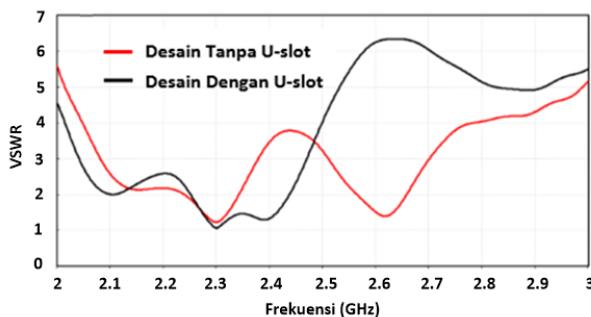
Setelah dilakukan proses perancangan pada dimensi antena, maka selanjutnya dilakukan proses simulasi menggunakan *software* CST 2019 terhadap hasil parameter antena *return loss* dan VSWR untuk melihat dampak dari pemberian beban *U-Slot* pada *patch* antena mikrostrip *truncated corner array* 4 elemen. Hasil *return loss* dan VSWR dari perancangan antena sebelum dan sesudah diberikan *U-Slot* dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa desain antena dengan penambahan beban *U-slot* berhasil meningkatkan nilai *return loss* dan VSWR. Pada antena mikrostrip tanpa *U-slot* diperoleh hasil simulasi sebesar -19,89 dB dan setelah diberikan *U-slot* meningkat menjadi -30,69 dB, sedangkan untuk VSWR juga mengalami peningkatan dari 1,22 menjadi 1,06 pada frekuensi kerja 2300 MHz. Desain antena mikrostrip *truncated corner array* 4 elemen juga berhasil dibuat pada penelitian [15] dan didapatkan hasil *return loss* sebesar -20 dB dan hasil VSWR sebesar 1,22 dB. Hasil perbandingan *return loss* dan VSWR dari ketiga kondisi antena tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan data pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa penambahan *U-slot* pada bagian tengah *patch* antena berhasil meningkatkan nilai *return loss* dan VSWR. Hasil simulasi *return loss* dan VSWR yang paling baik adalah saat dilakukan penambahan beban *U-slot* pada desain antena. Jika dibandingkan hasil dari jurnal sebelumnya [15] *return loss* meningkat sebesar 53,45% dan hasil VSWR juga meningkat 13,11 %. Sedangkan jika dibandingkan



Gambar 6. Perbandingan simulasi *return loss*



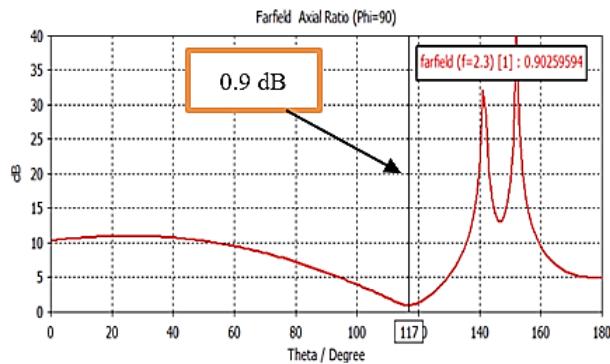
Gambar 7. Perbandingan simulasi VSWR

Tabel 2. Perbandingan hasil simulasi *return loss* dan VSWR

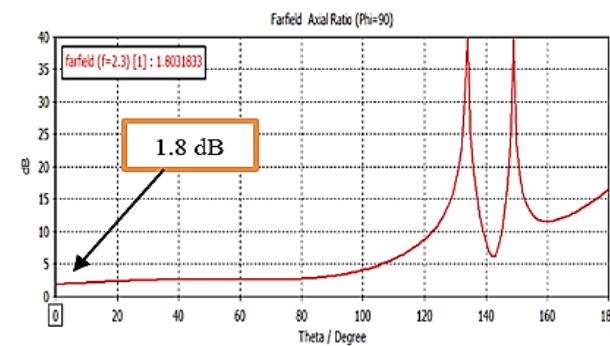
Parameter antena	Kondisi Antena		
	Jurnal [15]	Desain tanpa <i>U-slot</i>	Desain dengan <i>U-slot</i>
Return Loss	-20 dB	-19,89 dB	-30,69 dB
VSWR	1,22	1,22	1,06

dengan hasil desain perancangan tanpa menggunakan *U-slot* didapatkan hasil simulasi *return loss* meningkat sebesar 54,29% dan VSWR 13,11%.

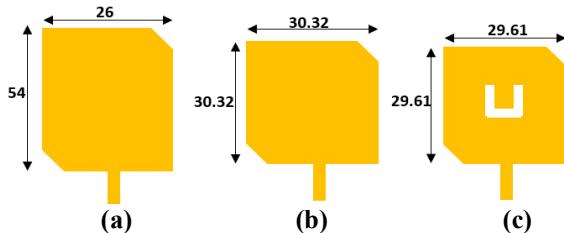
Desain antena mikrostrip dengan metode *truncated corner* dapat menghasilkan polarisasi melingkar. Pada hasil perancangan antena mikrostrip *truncated corner array* 4 elemen tanpa menggunakan *u-slot* menghasilkan nilai *axial ratio* 0,9 dB dan pada desain antena dengan ditambahkan *u-slot* menghasilkan *axial ratio* 1,8 dB, sedangkan hasil *axial ratio* pada perancangan antena dari jurnal sebelumnya [15] dihasilkan 1,745 dB. Berdasarkan data dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode *truncated corner* dapat membuat antena menghasilkan polarisasi melingkar dengan hasil *axial ratio* ≤ 3 dB. Gambar 8 dan Gambar 9 merupakan hasil simulasi dari *axial ratio* yang didapatkan.



Gambar 8. Hasil axial ratio tanpa U-slot



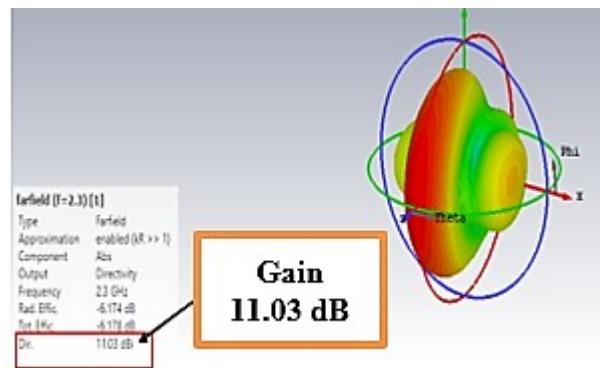
Gambar 9. Hasil axial ratio dengan U-slot



Gambar 10. Perbandingan ukuran dimensi antena
(a) desain antena jurnal [15], (b) desain antena tanpa
U-slot, (c) desain antena dengan U-slot

Penambahan beban *U-slot* pada bagian tengah *patch* antena juga berhasil mereduksi dimensi *patch* antena mikrostrip *truncated corner* menjadi lebih kecil. Pada penelitian sebelumnya [15], telah berhasil juga merancang antena mikrostrip *truncated corner array* 4 elemen. Sehingga hasil perbandingan dimensi antena pada penelitian [15], perancangan dimensi antena *truncated corner array* 4 elemen tanpa *U-slot*, dan desain antena yang didesain menggunakan *U-slot* dapat dilihat pada Gambar 10.

Dapat dilihat berdasarkan Gambar 10 antena pada desain penelitian [15] memiliki dimensi 54 x 26 mm, sedangkan desain antena dengan penambahan beban *U-slot* memiliki dimensi 29,61 x 29,61 mm. Sehingga berdasarkan data yang didapatkan antena dengan penambahan beban *U-slot* berhasil mereduksi dimensi *patch* antena sebesar 37,55% jika dibandingkan dengan desain antena pada penelitian terdahulunya [15]. Dan jika

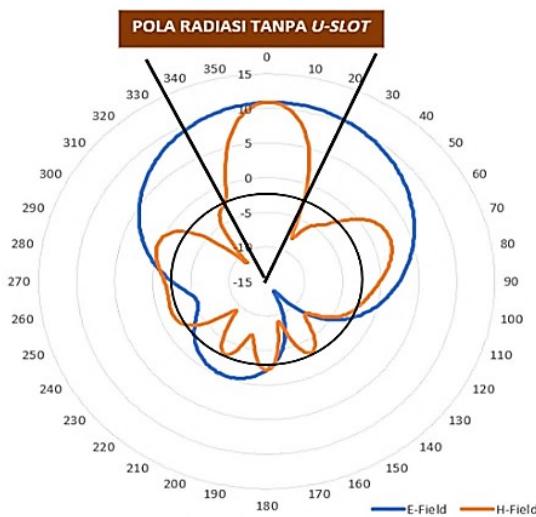
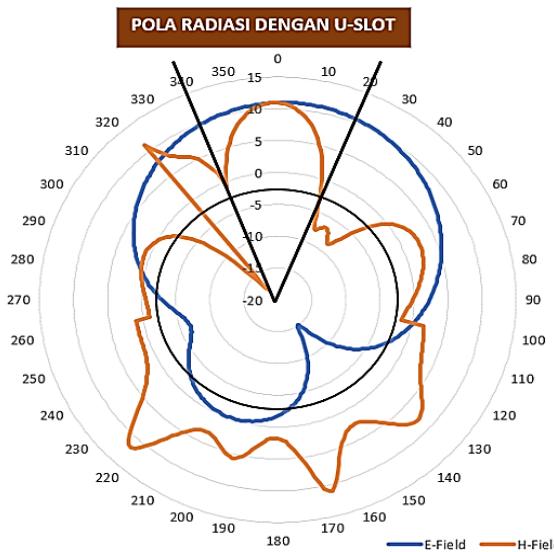


Gambar 11. Hasil simulasi gain pada desain antena dengan *U-slot*

dibandingkan dengan antena *truncated corner array* 4 elemen yang dirancang tanpa *U-slot* dapat mereduksi dimensi antena sebesar 4,63%. Namun penambahan beban *U-slot* memberikan dampak penurunan terhadap hasil *bandwidth* antena mikrostrip. Pada penelitian [15] menghasilkan *bandwidth* 714 MHz sedangkan pada desain antena dengan penambahan beban *U-slot* menghasilkan *bandwidth* menjadi 234 MHz. Sehingga berdasarkan data didapatkan hasil *bandwidth* menurun 67,22% dari desain antena pada penelitian terdahulunya [15].

Berdasarkan data, penambahan beban *U-slot* pada desain antena berhasil meningkatkan *gain* dibandingkan dengan desain penelitian sebelumnya [15]. Hasil simulasi dari *gain* yang dirancang diperoleh hasil *gain* 11,03 dB dapat dilihat pada Gambar 11. Berdasarkan data di atas didapat hasil simulasi pada jurnal sebelumnya [15] didapatkan hasil *gain* sebesar 10,56 dB, setelah antena didesain dengan penambahan beban *U-slot* mendapatkan hasil *gain* menjadi 11,03 dB. Sehingga berdasarkan data pada penambahan beban *U-slot* dapat meningkatkan nilai *gain* sebesar 4,45 % dibanding dengan desain pada jurnal sebelumnya [15].

Kemudian dilakukan simulasi terhadap hasil pola radiasi desain antena tanpa menggunakan *U-slot* dengan desain antena yang menggunakan *U-slot*. Pola radiasi merupakan gambaran dari kekuatan pancaran dan penerimaan sinyal suatu antena dalam menentukan kearah sudut mana antena dapat mendistribusikan energinya. Berdasarkan hasil yang didapat pada Gambar 12 pada desain antena tanpa menggunakan *U-slot* memiliki hasil *Half Power Beamwidth* (HPBW) 45° sedangkan pada Gambar 13 dengan desain antena dengan menggunakan *U-slot* memiliki hasil HPBW 40°. Besar HPBW dapat dilihat dengan nilai normalisasi -3 dB. Berdasarkan data didapatkan pada desain antena menggunakan *U-slot* dan tanpa *U-slot* menghasilkan pola radiasi *directional* dengan besar sudut pancaran yang dihasilkan pada desain

Gambar 12. Hasil pola radiasi tanpa *U-slot*Gambar 13. Hasil pola radiasi dengan *U-slot*

antena dengan menggunakan *U-slot* lebih kecil dibandingkan dengan desain yang tanpa menggunakan *U-slot*. Hal ini dikarenakan *gain* yang dihasilkan pada antena yang menggunakan *U-slot* lebih besar dibandingkan dengan desain antena tanpa *U-slot* sehingga sudut pancaran antena semakin sempit. Jika sudut pancaran antena dalam mendistribusikan energi semakin sempit maka fokus antena dalam memancarkan energinya semakin besar.

Dari hasil keseluruhan proses simulasi dapat diperoleh perbandingan spesifikasi dari antena hasil dari penelitian sebelumnya [15] dengan hasil antena perancangan dengan *U-slot* dan tanpa *U-slot* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan hasil simulasi keseluruhan

Parameter antena	Kondisi antena		
	Jurnal [15]	Desain tanpa <i>U-slot</i>	Desain dengan <i>U-slot</i>
<i>Return loss</i>	-20 dB	-19.89 dB	-30.69 dB
VSWR	1,22	1,22	1,06
Axial ratio	1,745 dB	0,9 dB	1,8 dB
Bandwidth	1925–2639 MHz	2246–2342 MHz	2253–2487 MHz
Gain	10,56 dB	10,93 dB	11,03 dB
Dimensi	54 × 26 mm	30,32 × 30,32 mm	29,61 × 29,61 mm

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, berhasil dirancang antena mikrostrip *truncated corner array* 4 elemen menggunakan *U-slot* dengan polarisasi melingkar pada frekuensi 2,3 GHz yang menghasilkan nilai parameter yang lebih baik dari jurnal terdahulunya dengan hasil VSWR yang semakin mendekati 1, *return loss* meningkat 53,45%, VSWR meningkat 13,11%, dan *gain* meningkat 4,45%. Namun efek dari penambahan beban *U-slot* menyebabkan *bandwidth* antena menjadi lebih sempit sebesar 67,22%. Sehingga dapat disimpulkan desain antena yang dirancang dengan penambahan beban *U-slot* berhasil mereduksi dimensi *patch* antena sebesar 37,55% dan memperbaiki hasil kerja parameter antena dari jurnal terdahulunya. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan perlu dibuat perancangan desain antena yang baru untuk lebih mengoptimalkan performa dari antena dan mengetahui pengaruh perubahan dari desain perancangan yang baru dengan menambah jumlah *array* pada desain antena dan memindahkan posisi serta bentuk *slot* pada desain antena.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu tersusunnya penelitian khususnya kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti yang telah memberikan sarana dan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

REFERENSI

- [1] Z. Manan and I. Krisnadi, "Pemilihan Opsi Regulasi Layanan Pita Frekuensi Radio 2,3 GHz Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel Dengan Metode Regulatory Impact Analysis," *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 2, no. 1, p. 37, Feb. 2017.

- [2] F. W. Ardianto, N. M. A., and B. Syihabuddin, "Analisis Simulasi Antena MIMO 4x4 Susunan Persegi dan Sirkular pada Frekuensi 15 GHz," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 7, no. 2, Jun. 2018.
- [3] I. Surjati, *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya*. Universitas Trisakti, Jakarta. 2010.
- [4] Y. K. Ningsih, S. Alam, I. Surjati, and Marsun, "Design of Array Microstrip Antenna 4x4 Element For Microwave Radio Communication System," *2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics (ICIEE)*, Oct. 2020.
- [5] S. Alam, Y. K. Ningsih, A. P. Junfithrana, H. Ramza, I. Surjati, and M. Upa, "Improving Performance and Size Reduction of Truncated Microstrip Antenna Using U Slot for LTE Application," *2018 International Conference on Computing, Engineering, and Design (ICCED)*, Sep. 2018.
- [6] S. Alam and I. Wijaya, "Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x2 Frekuensi 2, 4 Ghz Untuk Komunikasi IoT." *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 1-9, 2018.
- [7] S. Alam, I. Surjati, A. Ferawan, and T. Firmansyah, "Design and Realization of Compact Microstrip Antenna Using Fractal Sierpenski Carpet For Wireless Fidelity Application," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEEI)*, vol. 6, no. 1, Mar. 2018.
- [8] D. Tumakov, D. Chikrin, and P. Kokunin, "Miniaturization of a Koch-Type Fractal Antenna for Wi-Fi Applications," *Fractal and Fractional*, vol. 4, no. 2, p. 25, Jun. 2020.
- [9] S. Alam, I. G. N. Y. Wibisana, and I. Surjati, "Miniaturization of array microstrip antenna using peripheral slits for wireless fidelity communication," *2017 15th International Conference on Quality in Research (QiR) : International Symposium on Electrical and Computer Engineering*, Jul. 2017.
- [10] I. Surjati, Y. K. Ningsih, and S. Alam, "Peripheral Slits Microstrip Antenna Using Log Periodic Technique for Digital Television Broadcasting," *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 15, no. 2, p. 628, Jun. 2017.
- [11] J. Monga, Akanksha, and A. Sharma, "Design of a Multi-Band Microstrip Slot Antenna with Bi Directional Radiation Pattern," *2020 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, Feb. 2020.
- [12] M. B. Hossain and M. F. Hossain, "Design of a Triple Band Rectangular Slot Microstrip Patch Antenna for Wireless Applications," *2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)*, 2020.
- [13] E. WIYANTO, S. ALAM, and B. HARSONO, M. UPA, and I. SURJATI. "Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x1 dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi 4G LTE," *Seminar Nasional Microwave Antena dan Propagasi*. Universitas Jenderal Achmad Yani, 2017.
- [14] S. Alam, I. Surjati, Y. K. Ningsih, and M. Upa. "Efek Penambahan Beban U-Slot Pada Antena Mikrostrip Polarisasi Melingkar Untuk Aplikasi 4G/LTE". *Seminar Nasional Teknologi Industri VI-2018*. Universitas Trisakti, Jakarta. 2018.
- [15] E. WIYANTO, S. ALAM, and B. HARSONO, "Realisasi dan Pengujian Antena Mikrostrip Array 4 Elemen dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi 4G/LTE," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 6, no. 2, p. 244, Jul. 2018.