JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Vol. 7, No. 1, Juni 2022, Hal. 115-120
Terakreditasi "**Peringkat 3**" oleh Kemenristek/BRIN, Nomor SK: 85/M/KPT/2020
DOI: 10.31544/jtera.v7.i1.2022.115-120
p-ISSN 2548-737X
e-ISSN 2548-8678

Optimasi Antena Mikrostrip *Array* Menggunakan Metode *Air Gap* pada Frekuensi 3,5 GHz

Nurul Halimah[1#], Hanny Madiawati[2], Teguh Praludi[3]
[1,2]Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia
[3]Pusat Riset Elektronika dan Telekomunikasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jl. Sangkuriang, Komplek LIPI, Gd. 10 Lt. 2, Kec. Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia
[#]nurul.halimah.tkom19@polban.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi telekomunikasi dalam bidang jaringan seluler sekarang ini sudah memasuki generasi 5 atau 5G. Aplikasi 5G ini mempunyai kinerja yang lebih mumpuni dibandingkan generasi sebelumnya sehingga diperlukan spesifikasi antena dengan *bandwidth* yang lebar dan *gain* yang besar. Antena yang dapat digunakan ialah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki keunggulan yaitu mempunyai massa yang ringan, praktis, dan mudah difabrikasi. Namun, terdapat kekurangan pada parameter yang didapatkan yaitu *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang kecil. Untuk mengatasi kekurangan tersebut dapat menggunakan metode *air gap*, dimana metode tersebut dapat berfungsi untuk memperlebar *bandwidth* dan meningkatkan *gain*. Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan optimasi pada antena mikrostrip *array* menggunakan metode *airgap* pada frekuensi 3,5 GHz. Hasil dari optimasi saat simulasi diperoleh peningkatan *bandwidth* sebesar 54,28% dan peningkatan *gain* sebesar 32,86%. Untuk hasil pengujian diperoleh *bandwidth* sebesar 280 MHz, dan *gain* sebesar 9,3 dB. Substrat yang digunakan pada antena ini merupakan FR4 yang mempunyai konstanta dielektrik 4,4, ketebalan 1,6 mm, dan *loss tangent* 0,019.

Kata kunci: antena mikrostrip, *array*, celah udara, FR4, 5G

Abstract

The development of telecommunication technology in the field of cellular networks has now entered the 5th generation or 5G. This 5G application has more capable performance than the previous generation so that antenna specifications with wide bandwidth and large gain are needed. The antenna that can be used is microstrip antenna. Microstrip antennas have the advantages of having a light mass, practical, and easy to fabricate. However, there are disadvantages in the parameters obtained, such as narrow bandwidth and small gain. To overcome these disadvantages, you can use the air gap method, where the method can be used to widen bandwidth and increase gain. In this study, optimization has been successfully carried out on the microstrip array antenna using the airgap method at a frequency of 3.5 GHz. The results of the optimization during simulation obtained an increase in bandwidth of 54.28% and an increase in gain of 32.86%. For the realization results, a bandwidth of 280 MHz, and a gain of 9.3 dB were obtained. The substrate used in this antenna is FR4 which has a dielectric constant of 4.4, thickness of 1.6 mm, and loss tangent of 0.019.

Keywords: *microstrip antenna, array, air gap, FR4, 5G*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sekarang ini semakin berkembang pesat, salah satunya dalam bidang telekomunikasi. Perkembangan pada teknologi telekomunikasi ini mencakup perkembangan pada teknologi jaringan seluler, yang mana setiap generasinya mempunyai kelebihan masing-masing pada kinerjanya [1]. Teknologi tersebut sekarang ini sudah memasuki generasi 5 yaitu 5G dengan dibekali spesifikasi yang lebih mumpuni seperti kecepatan transfer data yang tinggi serta *bandwidth* yang cukup lebar dan *gain* yang cukup besar. Berdasarkan hasil konverensi pada *World Radio Communication* di tahun 2015 yang dilakukan oleh ITU salah satu frekuensi yang telah disepakati

Diterima: 7 April 2022; Direvisi: 6 Juni 2022; Disetujui: 8 Juni 2022
JTERA, Vol. 7, No. 1, Juni 2022

© 2022 JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Politeknik Sukabumi

untuk aplikasi 5G ialah pada frekuensi 3,5 GHz, dengan frekuensi kerja dari 3,3 – 3,8 GHz yang mempunyai minimal *bandwidth* sebesar 80 MHz [2]. Aplikasi 5G tersebut dapat dikembangkan dengan menggunakan sistem komunikasi nirkabel berupa antena. Antena yang digunakan pada aplikasi 5G ini tentunya harus mempunyai karakteristik dan spesifikasi yang mumpuni untuk menunjang transmisi data yang baik dan lancar.

Salah satu jenis antena yang dapat digunakan adalah antena mikrostrip. Antena ini memiliki keuntungan yaitu mempunyai massa ringan, mudah difabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil jika dibandingkan dengan jenis antena lainnya [3]. Namun, terdapat kekurangan pada antena mikrostrip yaitu parameter yang didapatkannya berupa *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang kecil. Untuk meningkatkan *gain* bisa dilakukan dengan menggunakan metode *array* [4] dan metode penambahan celah udara [5], [6]. Terdapat beberapa percobaan pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode *array*, pada penelitian dengan metode *array* 2x2 [7] didapatkan nilai *gain* sebesar 7,38 dB saat simulasi sedangkan saat realisasi didapatkan sebesar 8 dB. Pada penelitian lainnya dengan *array* 1x2 [8] tetapi gain yang didapatkan masih memiliki nilai yang lebih rendah dari 9 dB yaitu untuk *patch* segi empat *gain* yang didapatkan yaitu hanya 1,70 dB. Terdapat pula penelitian yang menggunakan metode celah udara, tetapi nilai *bandwidth* yang didapatkan masih terlalu sempit [9] yaitu saat diberi celah udara 3 mm *bandwidth* yang didapatkan hanya sebesar 72,87 MHz. Dengan demikian, hasil tersebut masih dapat dikembangkan kembali dengan mengatur jumlah *patch* dan menyesuaikan lebar udara yang diberikan, yaitu dengan membuat antena *array* 1x4 dan diberi celah udara 2 mm.

Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan optimasi pada antena mikrostrip *array* pada frekuensi 3,5 GHz dengan menggunakan metode *air gap*. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui bahwa dengan metode *air gap* dapat diperoleh peningkatan *bandwidth* dan *gain* pada antena tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Perancangan antena mikrostrip dilakukan dalam beberapa tahap agar perancangan dilakukan secara sistematis. Tahapan perancangan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.

A. Metode Celah Udara (Air Gap)

Penambahan *gain* antena dan *bandwidth* dapat dilakukan dengan beberapa teknik. Salah satunya dengan menggunakan teknik celah udara. Teknik ini merupakan teknik yang dilakukan dengan cara meningkatkan ketebalan substrat dengan memasukkan celah udara di antara elemen radiasi dan substrat atau dengan memasukkan celah udara di antara *ground plane* dan substrat.

Pemberian celah udara ini dapat mengurangi konsentrasi medan listrik pada *epoxy lossy* dan menurunkan konstanta dielektrik yang efektif dari bidang yang memancarkannya. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan menggunakan rumus berikut [5]:

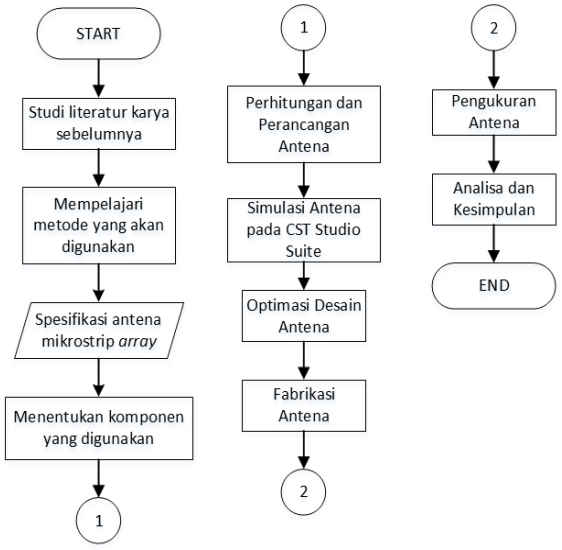
$$\varepsilon_e = \frac{\varepsilon_{r1}.h_1 + \varepsilon_{r2}.h_2}{h_1+h_2} \quad (1)$$

dengan ε_{r1}adalah konstanta dielektrik FR4, ε_{r2} adalah konstanta dielektrik udara, h_1 adalah ketebalan FR4, dan h_2 adalah ketebalan udara.

Ketika konstanta dielektriknya mengecil, *bandwidth* yang didapatkan akan menjadi lebih lebar dan untuk *gain* akan bertambah dengan menyesuaikan ketebalan dari celah udara yang diberikan.

B. Perancangan Antena

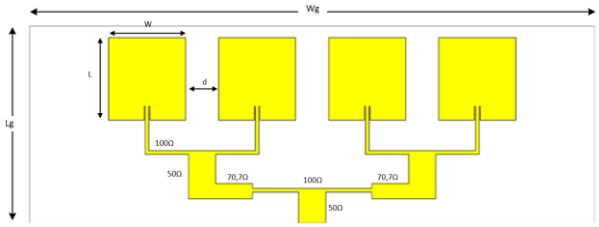
Pada tahap ini, pertama dilakukan studi literatur mengenai frekuensi yang dapat digunakan untuk aplikasi 5G, yaitu dengan frekuensi kerja 3,3-3,8 GHz. Selanjutnya dilakukan penentuan bahan substrat yang digunakan. Setelah itu dilakukan perhitungan dimensi-dimensi pada antena menggunakan formula yang ada sesuai dengan spesifikasi yang ada pada Tabel 1. Setelah mendapatkan dimensi antena dilakukan perancangan seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir perancangan antena

Tabel 1. Spesifikasi antena mikrostrip *array*

Spesifikasi	Karakteristik
Frekuensi kerja	3,3 – 3,8 GHz
Bandwidth	≥ 100 MHz
Gain	≥ 9 dB



Gambar 2. Antena mikrostrip *array* 1x4

Pembuatan antena mikrostrip ini menggunakan bahan substrat yaitu FR4 *Epoxy*. Substrat ini merupakan substrat yang paling sering digunakan dalam pembuatan antena karena mudah diperoleh dan harganya lebih murah dibandingkan dengan jenis substrat lainnya. Karakteristik dari substrat yang digunakan memiliki permitivitas relatif dielektrik (ε_r) 4,4, ketebalan dielektrik (h) 1,6 mm, dan *tangent loss* (δ) 0,019. Untuk bagian *groundplane* menggunakan bahan *cooper* dengan ketebalan (t) 0,035 mm.

C. Perhitungan Dimensi Antena

Sebelum melakukan proses simulasi, dilakukan perhitungan dimensi *patch*, *groundplane*, saluran, dan jarak antar elemen dengan menggunakan persamaan yang merujuk pada [1]. Persamaan yang digunakan ialah sebagai berikut dengan keterangan parameter ditampilkan pada Tabel 2.

1. Perhitungan lebar *patch* (W)

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

2. Perhitungan panjang *patch* (L)

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon r+1}{2} + \frac{\varepsilon r-1}{2}\left[\left(1+\frac{12.h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}}\right] \quad (3)$$

$$\Delta L = 0{,}412.h\frac{(\varepsilon r\ eff+0{,}3)\left(\frac{W}{h}+0{,}264\right)}{(\varepsilon r\ eff-0{,}258)\left(\frac{W}{h}+0{,}813\right)} \quad (4)$$

$$L = \frac{c}{2f\sqrt{\varepsilon r\ eff}} - 2\Delta L \quad (5)$$

3. Perhitungan *ground plane*

Lebar:

$$Wg = 6.h + W \quad (6)$$

Panjang:

$$Lg = 6.h + L \quad (7)$$

Tabel 2. Dimensi antena hasil perhitungan

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
W	26	Lebar *patch*
L	20	Panjang *patch*
Wg	35,6	Lebar *ground*
Lg	29,59	Panjang *ground*
Wf	3,17	Lebar saluran
Lf	10,73	Panjang saluran
d	21,42	Jarak antar elemen

4. Perhitungan saluran *microstrip line*

$$\frac{Wf_1}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A}-2} \quad (8)$$

dimana

$$A = \frac{Zo}{60}\sqrt{\frac{\varepsilon r+1}{2}} + \frac{\varepsilon r-1}{\varepsilon r+1}\left(0{,}23+\frac{0{,}11}{\varepsilon r}\right) \quad (9)$$

5. Perhitungan jarak antar elemen

$$d = \frac{\lambda o}{4} \quad (10)$$

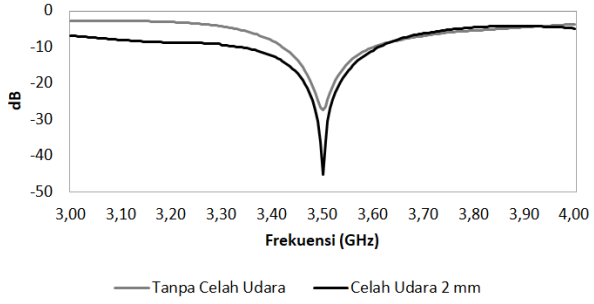
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi

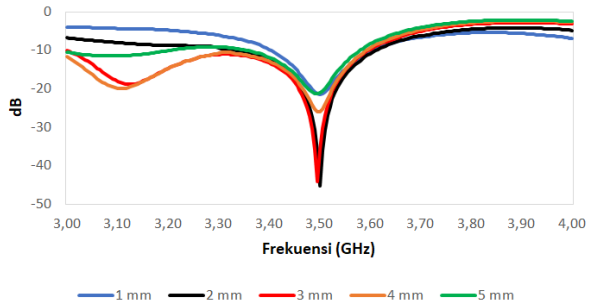
Sebelum melakukan perealisasian dilakukan simulasi terlebih dahulu untuk mengetahui nilai parameter yang didapatkan. Berikut ini merupakan hasil parameter S_{11} untuk antena *array* tanpa penambahan celah udara dan dengan penambahan celah udara yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Penambahan celah udara pada substrat dilakukan dengan beberapa ukuran. Ukuran yang diberikan dimulai dari 1 mm sampai dengan 5 mm. Hasil dari setiap penambahan ukuran celah udara dapat dilihat pada Gambar 4.

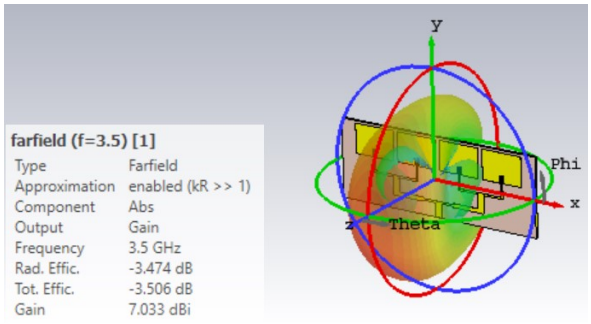
Berdasarkan Gambar 3, hasil simulasi antena 4 *patch* tanpa celah udara diperoleh nilai *bandwidth* sebesar 177,6 MHz dan diperoleh *bandwidth* sebesar 274 MHz untuk yang menggunakan celah udara 2 mm. Berdasarkan gambar tersebut juga



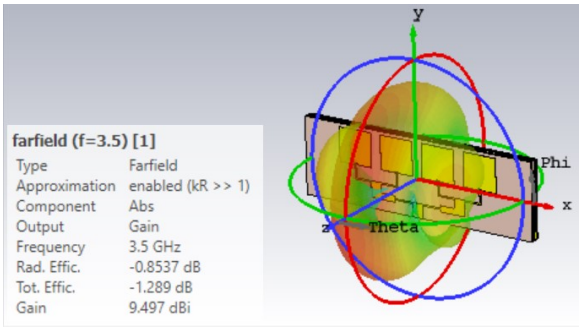
Gambar 3. Perbandingan parameter S_{11} antena 4 *patch*



Gambar 4. Perbandingan parameter S_{11} dengan berbagai ukuran penambahan celah udara



Gambar 5. *Gain* 4 *patch* tanpa celah udara

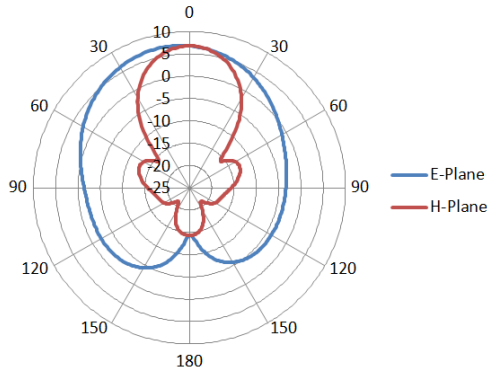


Gambar 6. *Gain* 4 *patch* dengan celah udara 2 mm

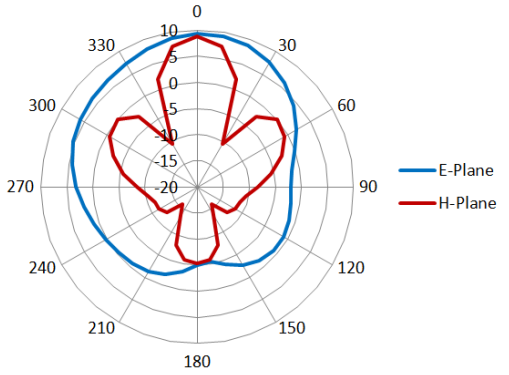
diperoleh nilai *return loss* sebesar 27,27 dB untuk yang tidak menggunakan celah udara dan 41,96 dB untuk yang menggunakan celah udara 2 mm.

Gambar 4 menunjukan hasil simulasi antena 4 *patch* dengan penambahan celah udara berbagai ukuran dimana dapat dilihat bahwa hasil yang paling baik didapatkan ketika pemberian celah udara sebesar 2 mm.

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6, didapatkan nilai *gain* dari hasil simulasi antena tanpa celah udara dan yang menggunakan celah udara 2 mm. Pada antena tanpa celah udara nilai *gain* yang didapatkan yaitu 7,03 dB dan yang menggunakan celah udara 2 mm didapatkan sebesar 9,49 dB.



Gambar 7. Pola radiasi antena 4 *patch* tanpa celah udara



Gambar 8. Pola radiasi antena 4 *patch* dengan celah udara 2 mm

Tabel 3. Perbandingan parameter hasil simulasi

Parameter	Tanpa Udara	*Air gap* (mm)				
		1	2	3	4	5
Bandwidth (MHz)	177,6	210	274	269	269	212
Return loss (dB)	27,27	21,98	41,96	41,05	25,99	20,94
Gain (dB)	7,03	9,78	9,34	9,21	8,97	8,56

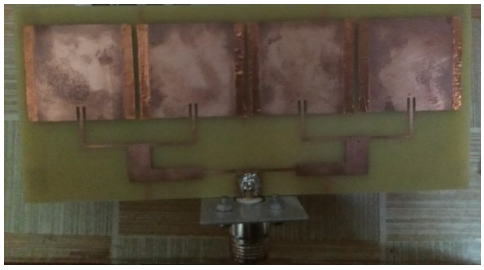
Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan hasil pola radiasi dari antena 4 *patch* tanpa menggunakan celah udara. Dari hasil simulasi didapatkan nilai HPBW E-plane yaitu sebesar 76,9 deg dan nilai HPBW H-plane sebesar 36,4 deg. Sedangkan pada Gambar 8 menunjukkan pola radiasi ketika diberi celah udara 2 mm dimana didapatkan nilai HPBW E-plane sebesar 92,1 deg dan nilai HPBW H-plane sebesar 26,2 deg. Berdasarkan hasil tersebut ketika diberi celah udara 2 mm pola radiasinya lebih menunjuk ke satu arah saja atau bisa disebut *unidirectional*.

Dari hasil simulasi berikut dapat dilihat perbandingan hasil yang didapatkan antara yang menggunakan celah udara dan yang tanpa menggunakan celah udara pada Tabel 3.

B. Realisasi dan Pengujian

Setelah mendapatkan parameter dari hasil simulasi, selanjutnya dilakukan realisasi antena mikrostrip *array* 1x4. Realisasi dilakukan dengan melakukan pencetakan desain antena hasil simulasi, kemudian dilakukan pengujian langsung terhadap *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi. Hasil cetak antena dapat dilihat pada Gambar 9 untuk tampak depan dan Gambar 10 untuk pemasangan konektor dengan plat penghubung.

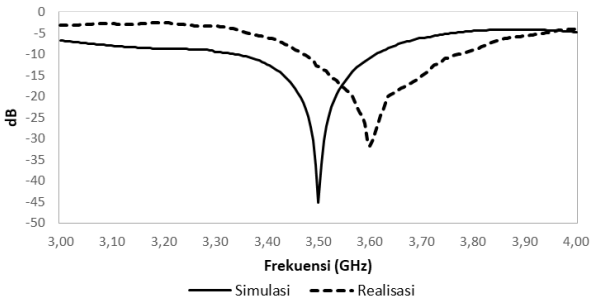
Pada Gambar 11 menunjukkan perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran S_{11} parameter. Pada gambar tersebut didapatkan hasil pengukuran dengan *bandwidth* sebesar 280 MHz. Berdasarkan gambar tersebut juga dapat dilihat *return loss* yang didapatkan saat pengukuran yaitu sebesar 31,76 dB. Dari perbandingan hasil simulasi dan pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa nilai *return loss* mengalami penurunan dan terdapat pergeseran band frekuensi. Hal tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan nilai ε_r pada bahan yang dicetak dengan yang ada pada simulasi.



Gambar 9. Antena mikrostrip *array* 1x4 tampak depan



Gambar 10. Pemasangan konektor kepada plat penghubung

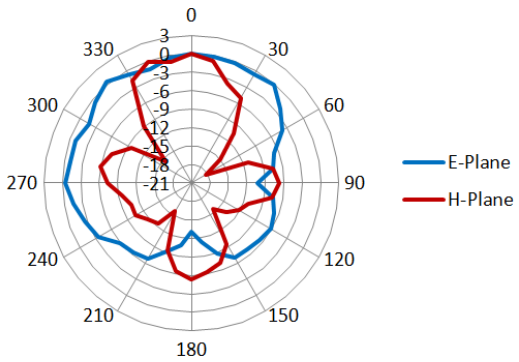


Gambar 11. Hasil S_{11} parameter simulasi dan pengujian dengan celah udara 2 mm

Pada saat pengukuran dilakukan juga pengukuran *gain*, dimana didapatkan nilai *gain* sebesar 9,3 dB. Dari perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran untuk parameter *gain* yang didapatkan tidak terjadi perubahan. Selanjutnya pada Gambar 12 menunjukkan hasil pola radiasi yang didapatkan saat pengukuran, dimana pola radiasinya merupakan *unidirectional* dengan bentuk bidang E-Plane dan H-Plane yang didapatkan mendekati hasil simulasi. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 perbandingan dari spesifikasi yang hendak dicapai, hasil simulasi, dan hasil pengujian. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa baik hasil simulasi maupun hasil realisasi sudah memenuhi spesikasi yang diinginkan.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat dikatakan telah berhasil dilakukan simulasi antena mikrostrip *array* 1x4 dengan penambahan celah udara pada frekuensi 3,5 GHz. Hasil simulasi tanpa penambahan celah udara didapatkan *bandwidth* sebesar 177,9 MHz sedangkan hasil untuk antena dengan celah udara 2 mm didapatkan nilai sebesar 274 MHz sehingga terjadi kenaikan sebesar 54,28%. Untuk hasil pengujian didapatkan *bandwidth* sebesar 280 MHz. Kemudian saat simulasi, nilai *return loss* yang didapatkan saat tanpa celah udara sebesar 27,27 dB sedangkan untuk antena dengan celah udara 2 mm didapatkan sebesar 41,96 dB. Untuk hasil pengujian didapatkan nilai *return loss* sebesar 31,76 dB.



Gambar 12. Pola radiasi hasil pengujian dengan celah udara 2 mm

Tabel 4. Perbandingan spesifikasi, hasil simulasi dan hasil pengujian

Parameter	Spesifikasi	Hasil Simulasi	Hasil Pengujian
Bandwidth (MHz)	≥ 100	274	280
Return loss (dB)	≥ 10	41,96	31,76
Gain (dB)	≥ 9	9,34	9,3

Selain itu, saat simulasi nilai *gain* yang didapatkan sebesar 7,03 dB untuk antena tanpa celah udara sedangkan untuk antena dengan celah udara 2 mm didapatkan nilai sebesar 9,34 dB sehingga terjadi kenaikan sebesar 32,86%. Untuk hasil pengujian didapatkan nilai *gain* sebesar 9,3 dB. Baik hasil simulasi maupun hasil realisasi untuk pola radiasi sudah sesuai yaitu diperoleh pola radiasi *unidirectional.* Untuk penelitian selanjutnya, akan dilakukan realisasi dengan metode pencatuan lain untuk memperlebar *bandwidth*.

REFERENSI

[1] N. Aulia and Elisma, "Desain Antena Mikrostrip Array 2x4 dengan Teknik Pencatuan Proximity Coupled untuk Aplikasi 5G pada Frekuensi 2,6 GHz," *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar,* pp. 717-723, 4-5 Agustus 2021.

[2] D. E. K. Anwar, "Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 Spektrum Outlook dan Use Case untuk Layanan 5G Indonesia," *Puslitbang Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika*, 2018.

[3] P. Aprilia, "Modul Praktikum Antena Mikrostrip Mimo 2x2 Rectangular Patch pada Frekuensi 3,5 GHz dengan Tool Komputasi Numerik," *Politeknik Negeri Sriwijaya*, Palembang, 2019.

[4] M. R. Sumpena, H. Madiawati, and Elisma, "Desain Antena Susun Mikrostrip Rectangular Patch 4x2 untuk Aplikasi 5G," *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar,* vol. 11, no. 1, pp. 591-595, 2020.

[5] K. Ozenc and M. E. Aydemir, "Design of a 1.26 GHz High Gain Microstrip Patch Antenna using Double Layer with Airgap for Satelite Reconnaissance," *6th International Conference on Recent Advances in Space Technologies,* pp. 499-504, 2013.

[6] S. S. Naik and P. G. Shet, "Design and Simulation of Conventional and U-Slot Circular Microstrip Patch Antenna with and without Air Gap for LTE Application," *Proceedings of The 2nd Internasional Conference on Trends in Electronics and Informatics,* pp. 126-131, 2018.

[7] W. Indani and A. H. Rambe, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat dengan Teknik Planar Array untuk Aplikasi Wireless-LAN," *IET Microwaves Antenna & Propagation,* 2017.

[8] Y. Christyono, I. Santoso, and R. D. Cahyo, "Perancangan Antena Mikrostrip Array pada Frekuensi 850 MHz," *Jurnal e-ISSN 2407-6422,* vol. 18 no.2, pp. 2407-6422, 2016.

[9] K. Al Kharusi, "Gain Enchancement of Rectangular Microstrip Patch Antenna using Air Gap at 2,4 GHz," *International Journal of Nanoelectronics and Materials,* vol. 13, pp. 211-224, 2020.