

Perancangan Antena Komunikasi Selular Generasi ke-5 pada Frekuensi 2.350 MHz di Indonesia

David Gideon¹, Ruliyanta^{2*}, Rianto Nugroho³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nasional, Jl, Sawo Manila, Pasar Minggu, Jakarta, Indonesia 12520

*Korespondensi penulis: ruliyanto@civitas.unas.ac.id

(Received: 30-04-2023; Revised: 30-04-2023; Accepted: 31-06-2023)

Abstract. *The current development of the cellular communication system has ushered in the 5G telecommunications era. The government has provided a 2.3 GHz frequency spectrum for 5G implementation in Indonesia. The frequency value used in the implementation of 5G technology in Indonesia which has just started can be said to have a high impact with a high attenuation value, so an antenna with the right dimensions and parameters is needed to be used in the application of 5G technology. In this study, a microstrip antenna was designed and manufactured with a 2x8 patch circular array shape working at a frequency of 2.350 MHz for application to 5G technology using the microstrip line feed feeder method. The design and manufacture of the antenna design utilize the Ansys HFSS application and uses the FR-4 Epoxy substrate with a dielectric constant value of 4.4, a substrate thickness of 1.6 mm, and a patch made of copper. The results of the design based on the simulation results obtained the working frequency value at 2.350 MHz with a return loss value of -21.9711 dB and a wide bandwidth of 109 MHz. The VSWR value obtained is 1.085 with a gain value of 10.06 dB and a directional radiation pattern. Based on the results of the analysis, the microstrip antenna design test has good parameter values from previous studies at the same working frequency and the microstrip antenna is suitable for use to support the development of 5G technology.*

Keywords: 5G, microstrip antenna, circular array, return loss, VSWR, bandwidth, gain.

Abstrak. Perkembangan sistem komunikasi seluler yang terjadi saat ini membawa kita memasuki era telekomunikasi 5G. Pemerintah telah menyediakan spektrum frekuensi 2.3 GHz untuk penerapan 5G di Indonesia. Nilai frekuensi yang digunakan dalam penerapan teknologi 5G di Indonesia berdampak signifikan terhadap nilai redaman. Karena dipilih nilai frekuensi 2.350 MHz sehingga diperlukan antena dengan dimensi dan parameter yang tepat untuk mendukung teknologi 5G. Pada penelitian ini dirancang dan dibuat antena mikrostrip dengan bentuk *patch circular array* 2x8 yang bekerja pada frekuensi 2.350 MHz untuk penerapan pada teknologi 5G dengan menggunakan metode pencatu mikrostrip *line feed*. Perancangan dan pembuatan desain antena memanfaatkan aplikasi Ansys HFSS serta menggunakan substrat FR-4 Epoxy dengan nilai konstanta dielektrik 4.4, ketebalan substrat 1.6 mm, dan *patch* berbahan tembaga. Hasil perancangan berdasarkan hasil simulasi didapatkan nilai frekuensi kerja pada 2.350 MHz dengan nilai *return loss* sebesar -21.9711 dB dan lebar *bandwidth* sebesar 109 MHz. Nilai VSWR yang didapatkan sebesar 1.085 dengan nilai *gain* 10.06 dB dan pola radiasi *directional*. Berdasarkan hasil analisis pengujian rancangan antena mikrostrip memiliki nilai parameter yang baik dari penelitian sebelumnya pada frekuensi kerja yang dirancang sehingga layak digunakan untuk mendukung perkembangan teknologi 5G.

Kata Kunci: 5G, mikrostrip antena, circular array, return loss, VSWR, bandwidth, gain.

PENDAHULUAN

Pemerintah Republik Indonesia melalui Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2017 menetapkan penggunaan frekuensi 2,300 MHz untuk penyelenggaraan Jaringan Bergerak Seluler khususnya komunikasi seluler

generasi ke-5 (5G/Fifth Generation) [1]. Komunikasi selular Generasi ke-5 mensyaratkan transmisi data dengan kecepatan tinggi hingga di atas 4 Gbps [2], [3]. Ini akan berdampak pada kerapatan densitas sinyal gelombang radio yang dipancarkan oleh transmitter. Dengan kata lain, sinyal yang dipancarkan akan memiliki jarak yang lebih pendek dibandingkan komunikasi generasi sebelumnya. Jadi *Base Transceiver Station* (BTS) akan memiliki sel yang jauh lebih kecil dan ini merupakan permasalahan yang signifikan dalam komunikasi 5G [4].

Beberapa penelitian telah melakukan perancangan antenna 5G yang bekerja pada frekuensi 2.3 GHz dan 2.35 GHz. Studi literatur sebagai penerapan metode penelitian yang akan dilakukan memiliki peran penting agar dapat menghasilkan pengembangan. Beberapa studi literatur yang digunakan sebagai penerapan dari metode penelitian yang akan dilakukan terangkum dalam bentuk tabel seperti yang dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1. Hasil perancangan antenna 5G sebelumnya.

Bentuk	Jumlah Patch	Bandwidth	Gain (dB)	Return Loss	VSWR
Rectangular [2]	4	60 MHz	3.035	-22.943 dB	1.059
Circular [5]	2	74 MHz	4.332	-35.476 dB	1.034
Triangular [4]	3	245 MHz	5.43	-16.412 dB	1.356

Pada tabel 1 dapat dilihat hasil *review* dari beberapa perbandingan kajian pustaka penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian pertama [2] dirancang antenna mikrostrip dengan frekuensi 2.3 GHz dengan bentuk 4 buah *patch rectangular* (*array* 2×2) dan didapat nilai *bandwidth* 60 MHz, *gain* sebesar 3.035 dB, *return loss* senilai -22.943 dB, dan *VSWR* senilai 1.059. Untuk penelitian kedua [5] dirancang antenna mikrostrip dengan frekuensi 2.35 GHz dengan bentuk 2 buah *patch circular* dan didapatkan nilai *bandwidth* 74 Mhz, nilai *gain* 4.332 dB, *return loss* -35.476 dB, dan nilai *VSWR* 1.034. Pada penelitian ketiga [4] dirancang antenna mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 2.3 GHz dengan bentuk 3 buah *patch Triangular*. Didapatkan *bandwidth* sebesar 245 MHz, *gain* sebesar 5,43 dB, *return loss* senilai -16.412 dB, dan *VSWR* senilai 1.356 dB.

Permasalahan selanjutnya adalah antenna-antenna yang dirancang belum cukup optimal untuk mendukung redaman yang tinggi pada frekuensi 2.35 GHz. Hal ini sesuai dengan teori redaman ruang hampa (*Free Space Loss*) dimana semakin tinggi frekuensi, maka redaman akan semakin besar [6]. Untuk mengatasi permasalahan jarak jangkauan sinyal yang dipancarkan oleh BTS sistem komunikasi 5G, kami mengusulkan sebuah antenna yang memiliki *gain* yang tinggi. Dengan *gain* yang tinggi, diharapkan sinyal radio dikirimkan lebih jauh. Antena yang kami usulkan menggunakan bahan microstrip FR-4 yang harganya relatif murah dibandingkan bahan lainnya [5], [7], [8], [9].

Jadi tujuan utama dalam penelitian ini adalah merancang antenna yang optimal untuk mendukung komunikasi 5G di Indonesia. Antena *circular* (lingkaran) yang kami usulkan memiliki performa yang lebih baik dibandingkan parameter penting antenna dari rancangan peneliti sebelumnya [10], [11]. Capaian nilai parameter penting antenna seperti *gain*, *VSWR* dan *Return Loss* dari peneliti sebelumnya menjadi acuan target kami.

METODE PENELITIAN

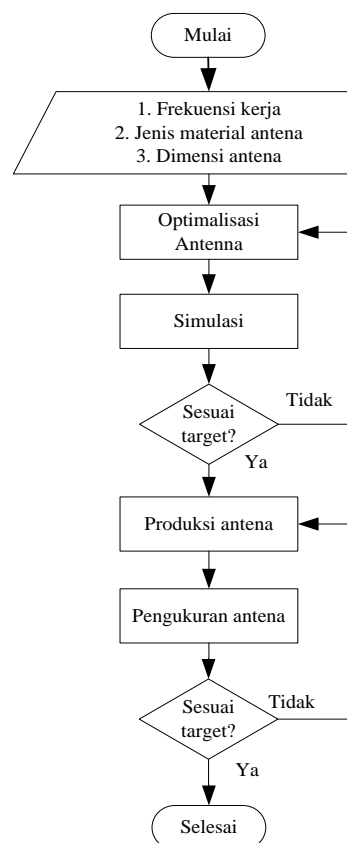
Sebelum membuat antenna, kami menggunakan perangkat lunak Ansys HFSS (*High Frequency Simulation Software*) untuk perancangan awal [6]. Proses perancangan penelitian ini diberikan pada gambar 1. Sedangkan spesifikasi awal antenna yang kami usulkan diberikan pada tabel 2. Kami memilih bentuk antenna lingkaran karena antenna ini mudah untuk dimodifikasi untuk memperoleh parameter sesuai yang diharapkan. Antenna jenis ini juga mudah untuk dianalisis kinerjanya [12].

Proses Perancangan antenna dalam penelitian ini diawali dengan pemilihan frekuensi kerja dan nilai-nilai parameter penting antenna. Nilai-nilai parameter kami tentukan berdasarkan

angka capaian dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Perancangan awal dengan dibantu perangkat lunak HFSS [13]–[16]. Setelah antenna rancangan optimal, kami membuat antenna secara manual dengan bahan FR-4. Parameter hasil rancangan dengan antenna yang dibuat kami bandingkan hasilnya. Proses Secara detail dapat dilihat dalam flowchart proses desain antenna.

TABEL 2. Spesifikasi antenna yang diusulkan.

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	2.35 MHz (2.35 GHz)
Bentuknya	<i>Circular (array)</i>
<i>Bandwidth</i>	100 MHz
<i>Return Loss</i>	< -10 dB
VSWR	< 2
<i>Gain</i>	≥ 8 dB
Pola Radiasi	<i>Directional</i>
Jenis Subtrat	FR-4 (Epoxy)
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4.4
Ketebalan Subtrat	1.6 mm
Impedansi Beban Saluran (Z_L)	50 Ω



GAMBAR 1. Flowchart proses desain antenna.

Sesuai dengan penamaannya, *circular* dapat dipahami sebagai bundar atau lingkaran, sehingga dapat dilakukan perhitungan dimensi radius *circular* untuk penentuan ukuran *patch circular* dengan melakukan perhitungan menggunakan Persamaan (2) [17]–[22]. Sedangkan untuk fungsi logaritma elemen peradiasi (F) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (1) [6].

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{Fc \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

dimana:

- F = Elemen peradiasi
 F_c = frekuensi kerja
 ϵ_r = Konstanta dielektrik relatif

$$R = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2)$$

dimana:

- R = diameter antena
 h = ukuran ketebalan bahan

Untuk menentukan ukuran substrat dengan persamaan (3) dan (4).

$$Lg = 6h + 2R \quad (3)$$

$$Wg = \pi R \quad (4)$$

dimana:

- Lg = Panjang substrat
 Wg = Lebar substrat
 h = ukuran ketebalan bahan.

Selanjutnya dapat dilihat pada persamaan (5), persamaan (6), persamaan (7), persamaan (8), dan persamaan (9) merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan ukuran *line feeding* [18], [20], [23], [24].

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

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_c} \quad (7)$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (9)$$

dimana:

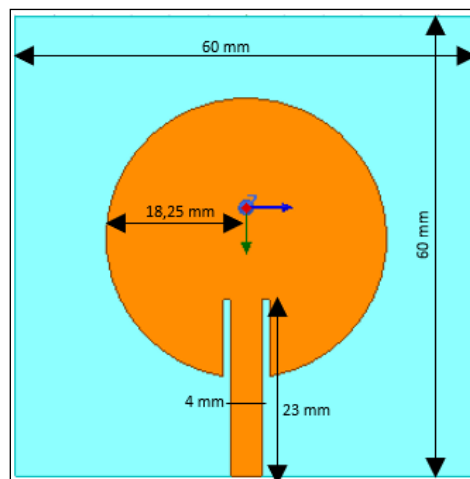
- L = Panjang *feed line*
 W = lebar *feed line*

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, maka didapatkan nilai parameter Antena sebagai berikut yang akan dirancang seperti yang tertampil pada tabel 3.

TABEL 3. Hasil perhitungan parameter.

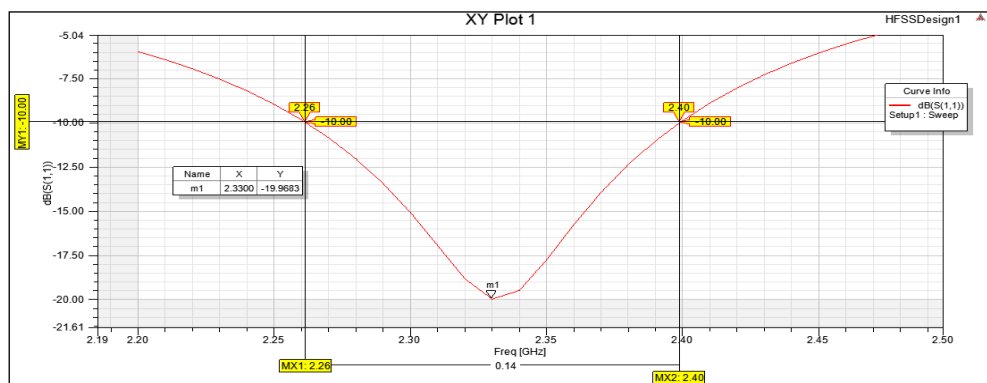
Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
R	14.0915	Jari-jari lLingkar
W_{zo}	3.06	Lebar saluran
L_{zo}	17.49	Panjang saluran
Lg	44.24	Panjang <i>Groundplane</i>
Wg	54.41	Panjang <i>Groundplane</i>

Pada tabel 3 dapat dilihat hasil perhitungan parameter antena yang akan disimulasikan terlebih dahulu. Jari-jari lingkaran (R) senilai 14.0915 mm, lebar dan panjang saluran (W_{zo} dan L_{zo}) senilai 3.06 mm dan 17.49 mm, serta lebar dan panjang *Groundplane* (Wg dan Lg) senilai 44.24 mm dan 54.41 mm. Desain antena ini dapat dilihat pada gambar 2.



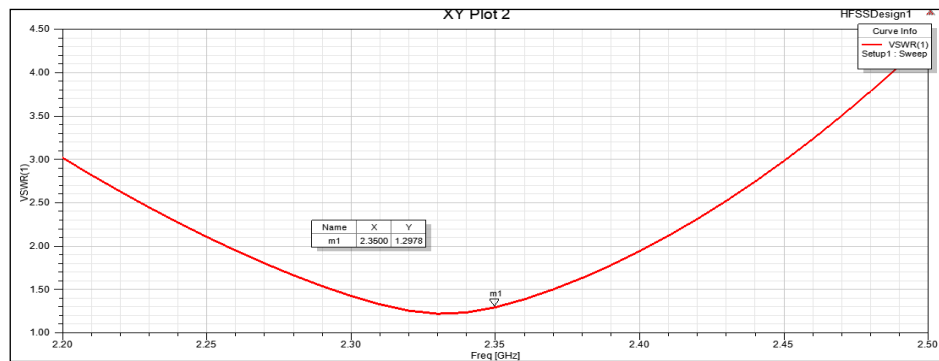
GAMBAR 2. Desain perancangan antenna microstrip.

Perancangan antenna dibuat dengan pemberian *inset feed* pada *patchnya*. Dengan menggunakan *inset feed* ini, diharapkan antenna mampu untuk menghasilkan nilai *return loss* yang lebih baik. Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari dimensi antenna yang dirancang, maka selanjutnya dilakukan simulasi antenna mikrostrip dengan menggunakan aplikasi Ansys HFSS. Simulasi ini untuk mengetahui parameter antenna seperti *Return Loss*, *Bandwidth*, *VSWR*, dan *Gain*. Pada gambar 3 dapat dilihat hasil nilai *return loss*.

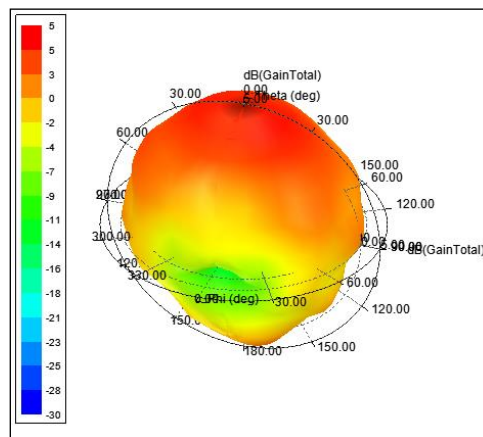


GAMBAR 3. Hasil simulasi *return loss* dan *bandwidth* antenna.

Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat hasil simulasi dari *return loss* dan *bandwidth* antenna pada frekuensi 2,35 GHz dengan nilai *return loss* yang didapatkan sebesar -19,9683 dB. Rentang frekuensi yang berada pada nilai *return loss* -10 berada pada titik frekuensi 2,26 GHz dan berakhir pada titik frekuensi 2,40 GHz. Dapat dikatakan *bandwidth* yang didapatkan senilai 140 MHz. Nilai *Bandwidth* yang didapatkan terlalu besar karena nilai dari hasil simulasi yang didapatkan melebihi batas toleransi senilai 10 % dari spesifikasi awal yang diharapkan. Sementara *gain* yang diperoleh juga belum sesuai harapan. Pada gambar 4 dapat dilihat hasil nilai *VSWR* sebesar 1,2978. Nilai *gain* secara detail dapat dilihat pada gambar 5.

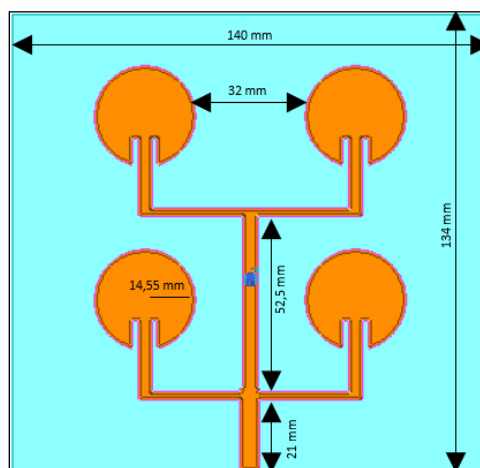


GAMBAR 4. Hasil simulasi VSWR.



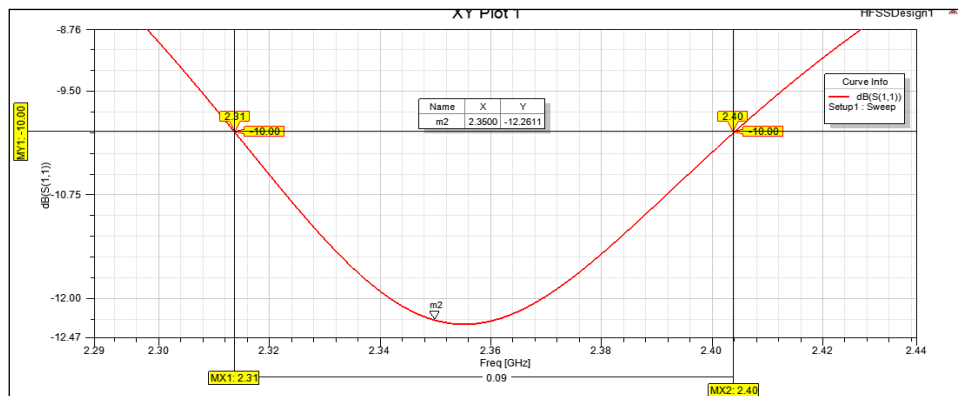
GAMBAR 5. Hasil simulasi gain antenna.

Pada gambar 5 terlihat nilai *gain* antenna sebesar 5 dB. Nilai *gain* ini dapat dikatakan belum sesuai dengan spesifikasi awal yang diharapkan yaitu di atas 8 dB. Diharapkan nilai *gain* dapat bertambah dengan penambahan jumlah *patch*. Selanjutnya dilakukan perancangan antenna mikrostrip dengan bentuk *patch array 2x2* seperti pada gambar 6.



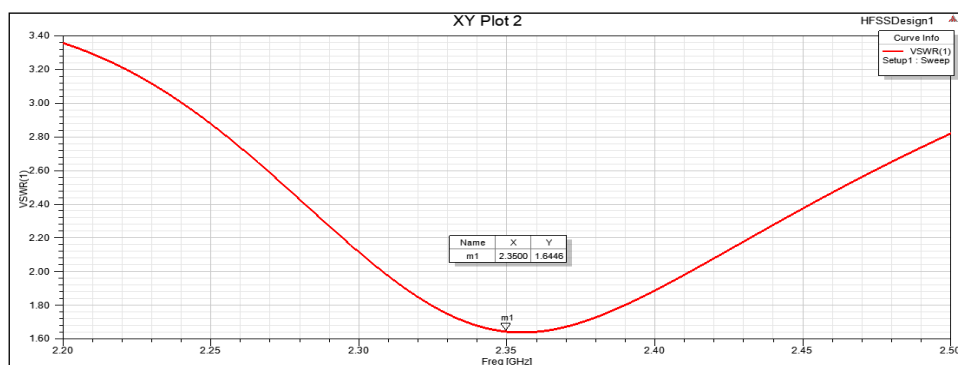
GAMBAR 6. Pengembangan desain perancangan antenna mikrostrip *patch 2x2*.

Hasil simulasi dari antenna *patch circular array 2x2* ini berturut-turut diberikan pada gambar 7, gambar 8 dan gambar 9.

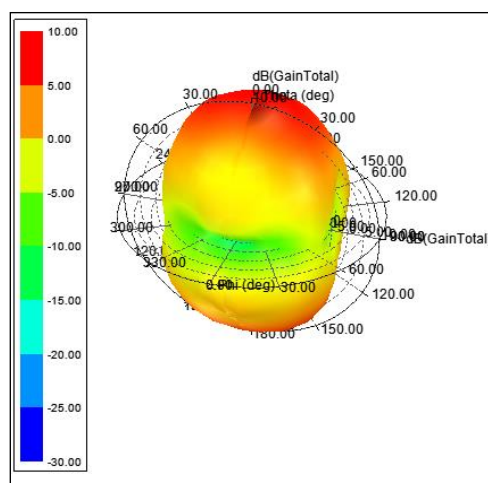


GAMBAR 7. Hasil simulasi *return loss* array 2x2.

Pada gambar 7 dapat dilihat hasil simulasi *return loss* dengan bentuk *patch array* 2x2 sebesar -12.2611 dB. Nilai ini sudah bagus karena berdasarkan perancangan awal diharapkan nilai *return loss* hanya -10 dB. Namun masih terdapat kekurangan berupa nilai *bandwidth* yang terlalu kecil yaitu 90 MHz sedangkan pada perancangan awal diharapkan nilai *bandwidth* senilai 100 MHz. Gambar 8 dapat dilihat hasil simulasi pada bagian VSWR-nya sebesar 1.6446. Nilai ini masih terlalu bear dimana targetnya sebesar 1,3. Dari gambar 9 terlihat hasil *gain* 10 dB.

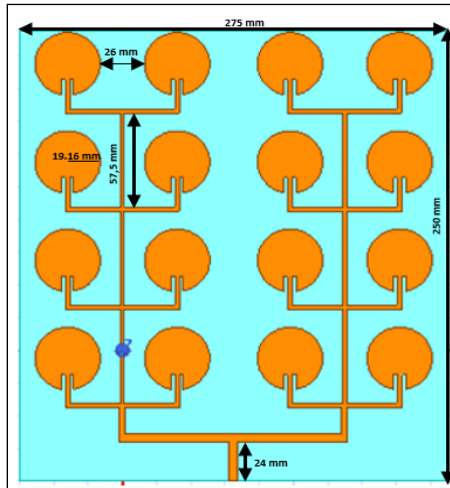


GAMBAR 8. Hasil simulasi VSWR array 2x2.



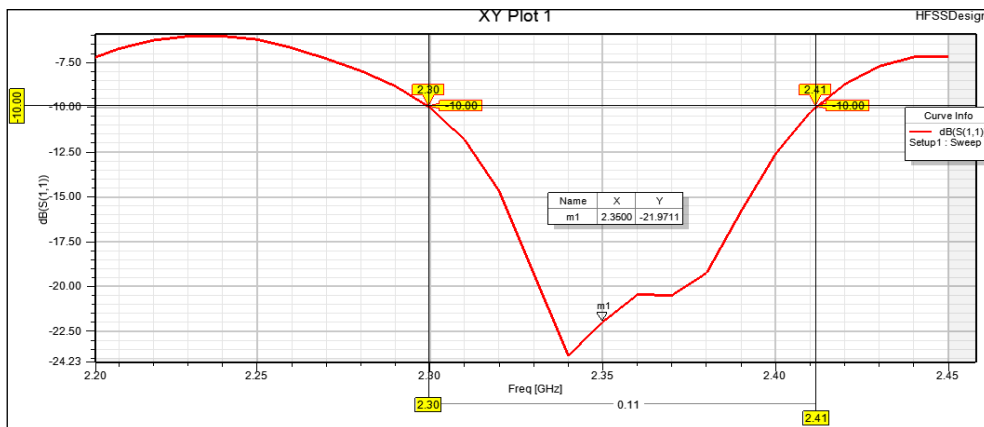
GAMBAR 9. Hasil simulasi *gain* array 2x2.

Hasil dengan metode susun 2x2 kurang optimal. Kami mengusulkan menggunakan susun 2x8 sehingga jumlah *patch* 16 buah. Desainnya diberikan pada gambar 10.



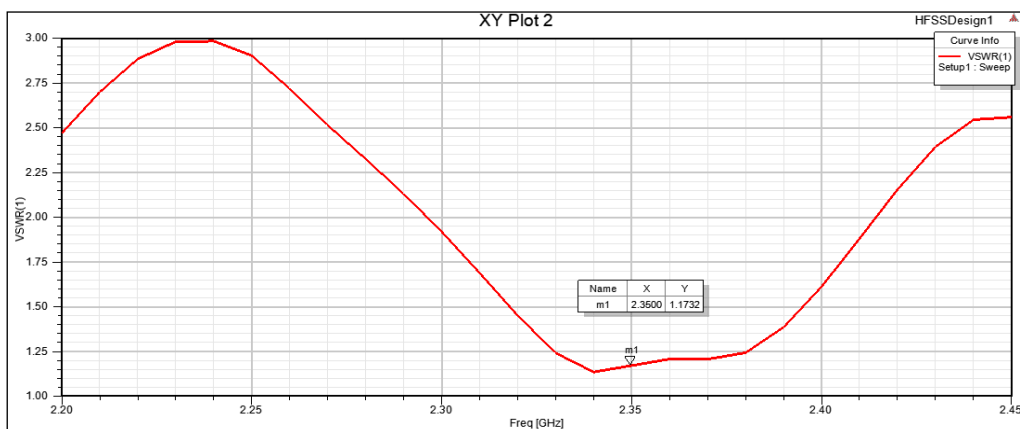
GAMBAR 10. Desain perancangan antenna mikrostrip patch 2x8

Hasil desain kami melalui perangkat lunak diberikan pada gambar 11, gambar 12 dan gambar 13.

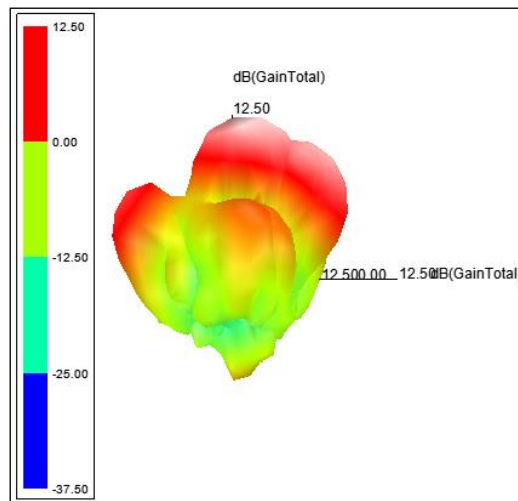


GAMBAR 11. Hasil simulasi return loss array 2x8

Gambar 11 adalah hasil *return loss* sebesar -21.9711 dB. Nilai ini cukup baik sesuai harapan perancangan awal. Nilai *bandwidth* yang didapatkan senilai 110 MHz yang diawali pada frekuensi rendah 2.3 GHz dan frekuensi tinggi 2.41 GHz. Gambar 12 dapat adalah nilai *VSWR* 1.1732. Dengan nilai ini memberikan nilai koefisien refleksi sebesar $\Gamma = 0.079$. Artinya antenna menyerap energi 92,1 %. Besarnya *gain* diberikan pada gambar 13 adalah 12.50 dB.



GAMBAR 12. Hasil simulasi VSWR array 2x8.



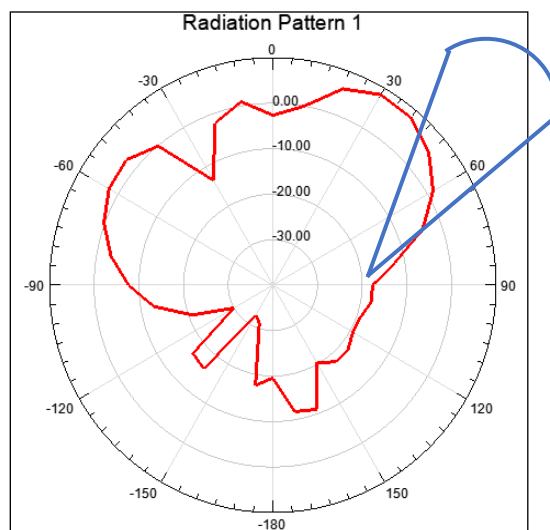
GAMBAR 13. Hasil simulasi gain array 2x8.

Perbandingan nilai *return loss*, *VSWR*, dan *gain* dari ketiga desain yang ditampilkan sebelumnya dapat dilihat pada tabel 4.

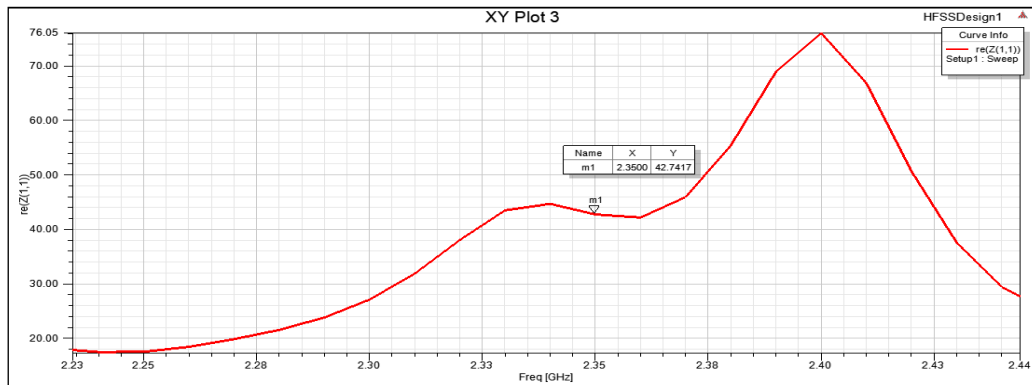
TABEL 4. Perbandingan nilai *return loss*, *VSWR*, dan *gain* terhadap jumlah *patch*.

Jumlah Patch	Return Loss (dB)	Bandwidth (MHz)	VSWR	Gain (dB)
Single Patch	-19.9683	140	1.2978	5
4 Patch (Array 2x2)	-12.2611	90	1.6446	10
16 Patch (Array 2x8)	-21.9711	110	1.1732	12.5

Dari tabel 4, dapat disimpulkan bahwa antenna dengan *array 2x8* desain kami memenuhi syarat untuk antenna 5G. Selanjutnya pada Gambar 14 adalah pola radiasi antenna yang kami usulkan dengan susun 2x8 dengan *beamwidth* 30° dan Gambar 15 adalah gambar impedansi masukan dengan nilai mendekati 50 Ω. Kesimpulan perancangan kami sebelum antenna diproduksi fisiknya diberikan pada tabel 5.



GAMBAR 14. Pola radiasi antenna mikrostrip array 2x8.



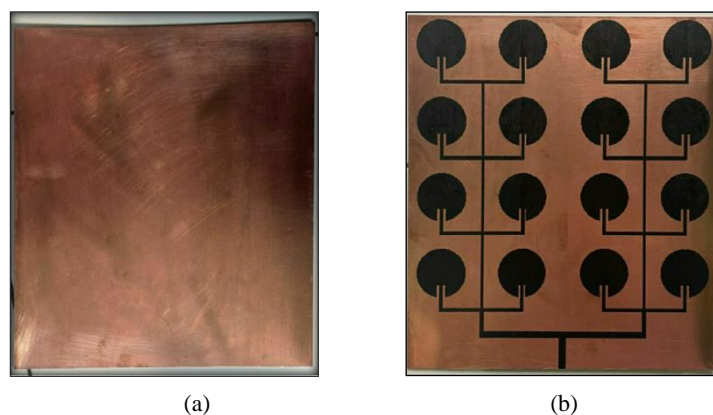
GAMBAR15. Hasil simulasi impedansi masukan.

TABEL 5. Nilai parameter antenna akhir yang diusulkan.

Parameter	Nilai
Return Loss	-21.9711 dB
Bandwidth	110 MHz
VSWR	1.1732
Impedansi Masukan	42.74Ω
Gain	12.5 dB
Pola Radiasi	Directional
Beamwidth	30°
Koefisien Refleksi	0.079 (7.9%)
Polarisasi	Vertikal

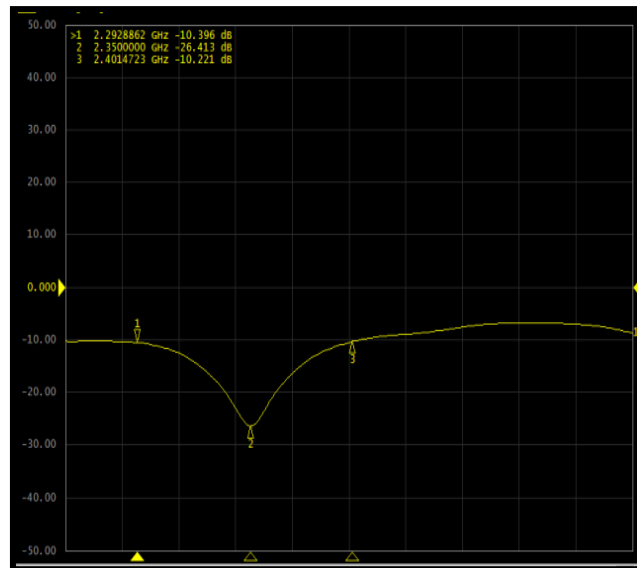
HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pabrikasi Antena dilakukan dengan mempersiapkan alat dan bahan terlebih dahulu seperti PCB FR-4 *Double Layer*, stiker dengan bentuk *final* dari *patch* dan *groundplane* antenna, cairan *etching* (FeCl₃), dan konektor SMA *female*. Detail hasil antenna yang kami rancang diberikan pada gambar 16. Hasil pengujian dari antenna yang sudah dirancang dan dipabrikasi didapatkan dengan melakukan pengujian di laboratorium. Pengujian dilakukan di PT Radar Telekomunikasi Indonesia, Bandung.



GAMBAR 16. (a) Bagian belakang antenna (b) Hasil pabrikasi antenna mikrostrip.

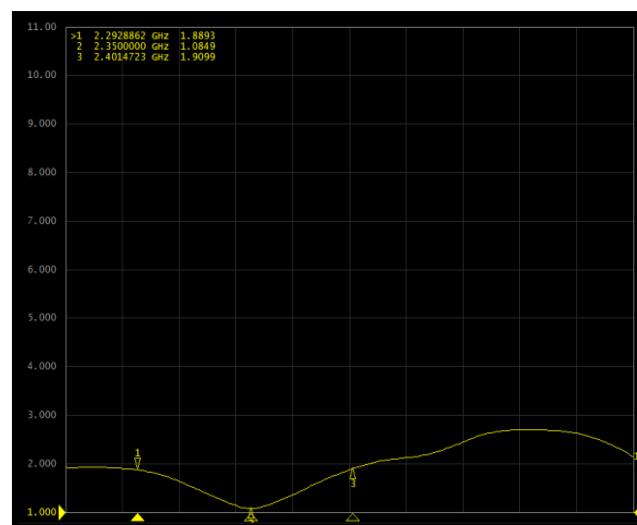
Hasil pengukuran nilai *return loss* didapatkan dengan melakukan pengujian pertama. Hasil pengukuran dapat dilihat seperti pada gambar 17. Hasilnya sebesar -26.413 dB dengan *bandwidth* 109 MHz. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan peneliti sebelumnya yang mencapai -35.476 dBm₄ [5]. Namun demikian dalam penelitian tersebut, *bandwidth* yang dicapai hanya 74 MHz. Dalam frekuensi tersebut terbuka *bandwidth* sebesar 3×10 MHz [1].



GAMBAR 17. Hasil pengukuran nilai *return loss*.

Berdasarkan gambar 17, nilai *bandwidth* antenna yang kami buat ini memenuhi harapan awal kami sebelum perancangan sebesar 100 MHz. Adanya selisih 9 MHz berguna sebagai *guard band* sehingga seluruh *bandwidth* dalam frekuensi kerja mampu dijangkau oleh antenna. Ini untukantisipasi adanya efek doppler [25], [26].

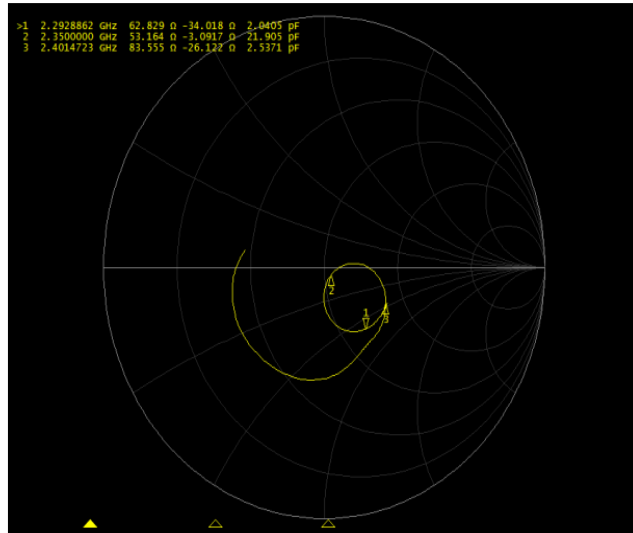
Hasil pengukuran nilai VSWR dapat dilihat seperti pada Gambar 18 dengan nilai 1.0849 dan ini memberikan koefisien refleksi sebesar 0.041. Dengan kata lain antenna mampu menyerap energi pada 95.9 %.



GAMBAR 18. Hasil pengukuran nilai VSWR.

Berdasarkan Gambar 18, maka nilai VSWR kami lebih besardibandingkan dengan referensi penelitian 1 dan 2. Tetapi lebih kecil dari peneliti 3. Nilai VSWR semakin kecil semakin baik. Dampak nilai VSWR kecil akan memberikan nilai penyerapan energi dari sinyal yang diterima oleh antenna menjadi optimal. Antenna rancangan kami akan menolah energi 4.1 % dan menyeraap 95.9 % energi dan ini cukup efektif sebagai antenna penerima.

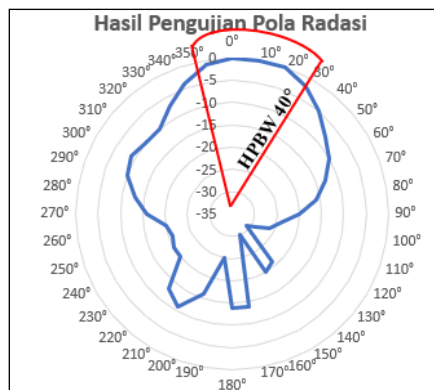
Hasil pengukuran nilai impedansi diberikan pada gambar 19. Impedansi antenna menghasilkan nilai 53.614 Ω . Nilai ini medekati matching antenna di nilai 50 Ω .



GAMBAR19. Hasil pengukuran nilai impedansi masukan.

Impedansi antenna diperlukan untuk memperoleh nilai kesesuaian antara saluran transmisi dengan antenna. Kesesuaian ini akan memberikan nilai optimal pada VSWR. Nilai yang kami peroleh masih memenuhi standar sehingga energi yang ditolah oleh antenna hanya 4.1 %.

Hasil pengukuran nilai *gain* didapatkan 10.06 dB. Pola radiasinya diberikan pada Gambar 20. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa *beamwidth* mencapai 40°. Tabel 6 dapat dilihat data parameter dan nilai dari hasil pengujian antenna mikrostrip.



GAMBAR 20. Sudut HPBW antenna mikrostrip.

Hasil rancangan kami menghasilkan *gain* sebesar 10.06 dB. Nilai ini sangat signifikan dibandingkan penelitian sebelumnya. Kelebihan utama hasil rancangan antenna kami dengan peneliti sebelumnya terletak dalam pencapaian *gain*.

TABEL 6. Perbandingan hasil simulasi dengan hasil pengujian.

Parameter	Nilai Hasil Simulasi	Nilai Hasil Pengujian
<i>Return Loss</i>	-21.9711	-26.413 dB
<i>Bandwidth</i>	2.3 GHz – 2.41 GHz (110 MHz)	2.401 MHz – 2.292 MHz (109 MHz)
VSWR	1.1732	1.0849
Impedansi Masukan	42.74 Ω	53.7Ω
<i>Gain</i>	12.5 dB	10.06 dB
Pola Radiasi	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>

Perbandingan parameter penting penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat dalam Tabel 7. Keunggulan utama dalam penelitian ini adalah hasil capaian *gain*. Dengan *gain* yang tinggi, maka sinyal akan diterima dengan baik. Dengan sinyal yang baik, maka

kecepatan transmisi data akan mencapai optimal. Berdasarkan hasil peneliti sebelumnya, maka akan memberikan peningkatan *gain margin* hingga 4,63 dB.

TABEL 7. Hasil perancangan antenna 5G dengan sebelumnya.

Parameter	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 3	Penelitian ini
Bandwidth (MHz)	60	74	254	109
Gain (dB)	3.035	3.332	5.43	10.06
Return Loss (dB)	-22.943	-35.476	-16.412	-26.413
VSWR	1.059	1.034	1.356	1.085

KESIMPULAN

Untuk mendukung komunikasi 5G di Indonesia, kami mengusulkan desain antenna mikrostrip *patch circular array* 2×8 pada frekuensi kerja 2.350 MHz. Besarnya *return loss* -26.413 dB, dengan *bandwidth* 109 MHz. Antena ini memiliki nilai koefisien refleksi sebesar 0.041 atau 4.1 %, dengan VSWR 1.0849 serta nilai impedansi sebesar 53.7 Ω dan juga nilai *gain* sebesar 10.06 dB. Pola radiasi yang didapatkan berbentuk *directional* dengan lebar *bandwidth* 40° serta bentuk polarisasi vertikal. Hasil rancangan ini memberikan nilai *gain* yang lebih baik dibandingkan dengan perancangan yang ada sebelumnya. Peneliti sebelumnya maksimal hanya 5.43 dB sementara dalam penelitian ini mencapai 10.06 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kominfo, “Seleksi Penggunaan Pita Frekuensi Radio 2,3 GHz untuk Keperluan Penyelenggaraan Jaringan Bergerak Seluler Tahun 2021,” vol. 3, no. April, pp. 1–2, 2021.
- [2] M. Patch *et al.*, “PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP,” vol. 4, no. 1, pp. 12–20, 2021.
- [3] R. Ruliyanta, M. Riduan Ahmad, and A. A. Md Isa, “Adaptive Wi-Fi offloading schemes in heterogeneous networks, the survey,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 28, no. 1, p. 254, 2022, doi: 10.11591/ijeecs.v28.i1.pp254-268.
- [4] D. Medianto and M. Y. Hardiman, “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Triangular Metode Parasitic Untuk Aplikasi LTE,” vol. 9, no. 2, 2018.
- [5] I. M. . Budi, E. S. Nugraha, and A. Agung, “Perancangan Dan Analisis Antena Mikrostrip Mimo Circular Pada Frekuensi 2.35 GHz Untuk Aplikasi LTE,” *J. Infotel*, vol. 9, no. 1, p. 136, 2017, doi: 10.20895/infotel.v9i1.130.
- [6] R. Ruliyanta, M. R. Ahmad, A. A. Md Isa, V. V. Ronald Repi, L. O. Yasher, and H. Jusuf, “Wifi-6 Antenna Design to Increase Data Traffic Offloading with HFSS and PCAA Software,” *Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Informatics*, vol. 2022-October, no. October, pp. 441–445, 2022, doi: 10.23919/EECSI56542.2022.9946536.
- [7] D. Periannan *et al.*, “Performance Analysis of Flame Retardant 4 Copper Plate Antenna for Lightning Remote Sensing,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 228, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/228/1/012006.
- [8] H. Mubarakah, H. Wijanto, Y. Wahyu, F. T. Elektro, U. Telkom, and P. Penelitian, “Antena Mikrostrip E-Ganda Dengan Celah T-Ganda Untuk Multi-Pita 2.4-3.4-5.8 Ghz,” vol. 4, no. 2, pp. 2075–2083, 2017.
- [9] N. A. Wahab, Z. Bin Maslan, W. N. W. Muhamad, and N. Hamzah, “Microstrip rectangular 4×1 patch array antenna at 2.5GHz for WiMax application,” *Proc. - 2nd Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Syst. Networks, CICSyN 2010*, no. July, pp. 164–168, 2010, doi: 10.1109/CICSyN.2010.73.
- [10] T. Supriyanto, R. K. Nurinsani, and T. Firmansyah, “Design of Microstrip Rectangular Circular Array Antenna 1 x 8 at Frequency of 1800 MHz for Increase Power of 4G signal,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1364, no. 1, 2019, doi:

- 10.1088/1742-6596/1364/1/012026.
- [11] Y. Yohandri, V. Wissan, I. Firmansyah, P. Rizki Akbar, J. T. Sri Sumantyo, and H. Kuze, "Development of circularly polarized array antenna for synthetic aperture radar sensor installed on UAV," *Prog. Electromagn. Res. C*, vol. 19, no. January, pp. 119–133, 2011, doi: 10.2528/PIERC10121708.
 - [12] R. J. Hendra, Y. Rahayu, and E. Safrianti, "Analisis Antena Mikrostrip Array Bentuk Lingkaran Dan Persegi Panjang Menggunakan Simulasi Untuk Aplikasi LTE Frekuensi 2.3 Ghz," *J. Online Mhs. Fak. Tek. Univ. Riau*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2015.
 - [13] R. Ruliyanta and M. R. Ahmad, "Wifi-6 Antenna Design to Increase Data Traffic Offloading with HFSS and PCAAD Software," no. October, pp. 441–445, 2022.
 - [14] S. Elajoumi, A. Tajmouati, J. Zbitou, A. Errkik, L. El Abdellaoui, and A. M. Sanchez, "Novel UWB microstrip antenna structures with defected ground structure," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 429–436, 2018, doi: 10.11591/ijeecs.v11.i2.pp429-436.
 - [15] A. Sudhakar, M. S. Prakash, and M. Satyanarayana, "Compact Microstrip Antenna for Radar Altimeter Applications," *2018 IEEE Indian Conf. Antennas Propagation, InCAP 2018*, pp. 1–3, 2018, doi: 10.1109/INCAP.2018.8770945.
 - [16] U. Dhandha and P. V. R., "Design and Simulation of 4x1 Probe Feed Rectangular Patch Array Antenna for ISM Band Applications," vol. 3, no. 3, pp. 1537–1539, 2014.
 - [17] M. Fahrurozi and H. S. Utama, "Perancangan Antena Pesawat Tanpa Awak Menggunakan ANSYS High-Frequency Structure Simulator," vol. 25, no. November, pp. 67–75, 2022.
 - [18] A. Salam, A. A. Khan, and M. S. Hussain, "Dual band microstrip antenna for wearable applications," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 56, no. 4, pp. 916–918, 2014, doi: 10.1002/mop.28210.
 - [19] H. Tung and K. Wong, "a Shorted Microstrip Antenna," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 30, no. 6, pp. 401–402, 2001.
 - [20] A. Z. M. Imran, M. L. Hakim, M. R. Ahmed, M. T. Islam, and E. Hossain, "Design of microstrip patch antenna to deploy unmanned aerial vehicle as UE in 5G wireless network," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 11, no. 5, pp. 4202–4213, 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i5.pp4202-4213.
 - [21] S. N. Kane, A. Mishra, and A. K. Dutta, "Preface: International Conference on Recent Trends in Physics (ICRTP 2016)," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 755, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.
 - [22] S. Kawade, J. W. Van Bloem, V. S. Abhayawardhana, and D. Wisely, "Sharing your urban residential WiFi (UR-WiFi)," *IEEE Veh. Technol. Conf.*, vol. 1, no. c, pp. 162–166, 2006, doi: 10.1109/VETECS.2004.1387934.
 - [23] S. Singh, N. Tyagi, and N. Sinha, "Design and analysis of single patch, 2×1 and 4×1 microstrip antenna arrays," *2014 Int. Conf. Conver. Technol. I2CT 2014*, pp. 1–5, 2014, doi: 10.1109/I2CT.2014.7092286.
 - [24] K. Anim, J. N. Lee, and Y. B. Jung, "High-gain millimeter-wave patch array antenna for unmanned aerial vehicle application," *Sensors*, vol. 21, no. 11, pp. 1–11, 2021, doi: 10.3390/s21113914.
 - [25] R. Ruliyanto and R. Nugroho, "Simulasi Dan Analisa Efek Doppler Terhadap OFDM Dan MC-CDMA," *J. Ilm. Giga*, vol. 18, no. 1, p. 13, 2015, doi: 10.47313/jig.v18i1.570.
 - [26] Y. He, M. Chen, B. Ge, and M. Guizani, "On WiFi Offloading in Heterogeneous Networks: Various Incentives and Trade-Off Strategies," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 18, no. 4, pp. 2345–2385, 2016, doi: 10.1109/COMST.2016.2558191.