

Perancangan Antena Pesawat Tanpa Awak Menggunakan ANSYS *High-Frequency Structure Simulator*

Ruliyanta^{1,*}, Muhammad Fahrurrozi², Herry Satria Utama³

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nasional, Jakarta 12520

³ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pakuan, Bogor 16144

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

(Received: 30-03-2022; Revised: 24-05-2022; Accepted: 10-06-2022)

Abstract. *Using crewless aircraft or Unmanned Aerial vehicles (UAV) is rife in the civil and military world. The problem that often occurs is that the UAV has disconnected from the control center. One of the reasons was that the aircraft was operating outside the radio control center's range. This study aims to design a control antenna with a higher gain than the previous research antenna, which is used as a reference. The method we used is designing a 2×8 circular array microstrip antenna using the Ansys high-frequency structure simulator (HFSS) software. The result gives a return loss value of -30.25 dB, a voltage standing wave ratio (VSWR) of 1.11, and a bandwidth of 512,1 MHz. The amount of gain is 12.94 dB. The magnitude of the reflection coefficient of the designed antenna is 0.017. This value means that the amount of power reflected by the designed antenna is 1.7%, or the antenna is capable of capturing signals of up to 98.3%.*

Keywords: *microstrip antenna, array antenna, UAV, gain, ISM-band.*

Abstark. Penggunaan pesawat tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* marak di dunia sipil dan militer. Permasalahan yang sering terjadi adalah UAV mengalami putus hubungan dengan pusat kendali. Salah satu penyebabnya adalah pesawat bekerja diluar jangkauan radio pusat kendali. Tujuan dari penelitian ini merancang antena kendali yang memiliki *gain* yang lebih tinggi dibandingkan dengan antena peneliti sebelumnya yang dijadikan referensi. Metode yang kami gunakan adalah merancang antena microstrip circular *array* 2×8 menggunakan perangkat lunak Ansys *high-frequency structure simulator (HFSS)*. Hasilnya memberikan nilai *return loss* -30.25 dB, *voltage standing wave ratio (VSWR)* 1.11 dan *bandwidth* sebesar 512.1 MHz. Besarnya *gain* sebesar 12.94 dB. Besarnya koefisien refleksi antena hasil rancangan sebesar 0.017. Ini berarti besarnya daya yang dipantulkan oleh antena rancangan sebesar sebesar 1.7% atau antena mampu menangkap sinyal hingga 98.3%.

Kata Kunci: antena microstrip; antena array; UAV, gain, ISM-Band.

PENDAHULUAN

Implementasi dari *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* umum dikenal sebagai pesawat tanpa awak digunakan untuk keperluan sipil dan militer[1]. Dalam sebuah UAV memiliki beberapa antena dengan fungsi yang berbeda pula[2]. Antena yang dipakai untuk mengontrol UAV berbeda jenis dengan antena pada radar atau telemetri serta untuk *Global Position System (GPS)* [1], [3]-[6]. Kendali UAV semakin meningkat. UAV sudah dirancang untuk mampu kembali ke pusat peluncuran secara otomatis ketika sistem kendali hilang. Namun demikian, dengan alasan kecukupan bahan bakar, dapat mengakibatkan UAV hilang dalam perjalanan pulang [7], [8].

Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan antena kendali yang memiliki jangkauan yang optimal. Antena harus memiliki *gain* yang lebih tinggi. *Bandwidth* yang lebih lebar bermanfaat untuk digunakan sebagai fitur kendali yang lebih presisi. Tujuan penelitian ini untuk merancang antena UAV dengan parameter kerja yang lebih baik dibandingkan

dengan antenna yang diusulkan oleh peneliti sebelumnya. Dalam rancangan ini dikhususkan frekuensi *Industrial, Scientific, and Medical-Band* (ISM-Band) 5,8 MHz. Bentuk antenna yang kami rancang adalah *microstrip patch circular*[1], [4].

Metode perancangan yang kami gunakan menggunakan perangkat lunak *Ansys High-Frequency Structure Simulator* [9]. Perangkat lunak ini umum digunakan dalam mendesain antenna. Parameter antenna yang didesain langsung dapat dilihat dalam perangkat lunak ini. Kontribusi yang kami berikan dalam paper ini berupa desain antenna *microstrip* sirkular dengan *array* 2x8. Parameter utama dalam antenna seperti *gain*, *bandwidth*, *return loss* dan *VSWR* (*Voltage Standing Wave Ratio*). Hasil ini dibandingkan dengan jurnal referensi yang sudah ada.

Pada penelitin [10], dilakukan desain antenna untuk UAV dengan *Double E-shape*. Tujuannya agar antenna bekerja pada beberapa frekuensi yaitu 2.4 GHz, 3.4 GHz, dan 5.8 GHz. Hasil rancangannya menghasilkan *return loss* di masing-masing frekuensi kerja sebesar -11.72, -11.792, dan -21.33 dengan nilai *VSWR* 1.774, 1.683, dan 1.157. Impedansi yang didapatkan 43,28-ohm, 34,112-ohm, 43,082-ohm. Adapun besarnya *gain* sebesar 3.47 dB, 3.51 dB, dan 3.53 dB, *bandwidth* 64.2 MHz, 67.52 MHz, dan 100.08 MHz, dengan pola radiasi *unidirectional* dan polarisasi elips. Penyebaran UAV dapat dipantau dan dikendalikan melalui jaringan nirkabel 5G sebagai peralatan pengguna (UE) bersama dengan perangkat lain[4]. Pada [4] dirancang *array* antenna pita tunggal 2x2 dan 4x4 yang sangat direktif, masing-masing untuk frekuensi 5.8 GHz dan 28 GHz untuk aplikasi UAV dalam fokus untuk menyebarkan UAV melalui jaringan nirkabel 5G. Bahan yang digunakan Roger RT5880 (*lossy*) karena konstanta dielektriknya yang lebih rendah yang mencapai *directivity* yang lebih tinggi dan stabilitas mekanik yang baik. Teknik *inset feed* digunakan untuk memberi pencatutan antenna untuk menurunkan impedansi input yang memberikan efisiensi antenna yang lebih tinggi. Hasilnya menunjukkan *bandwidth* yang lebih lebar, yaitu 702 MHz dan 1.596 GHz untuk antenna *array* 5.8 GHz dan 28 GHz dengan ukuran yang kompak.

Peneliti lain merancang antenna mikrostrip persegi panjang konvensional yang dikopel secara elektromagnetik yang diumpankan oleh saluran mikrostrip[1]. Antenna mikrostrip elemen 1x4 kemudian dirakit pada permukaan badan pesawat UAV silinder. Hasil pengukuran menunjukkan untuk antenna *array* elemen 1x4 beroperasi pada frekuensi 5.6 GHz dengan karakteristik *return loss* sebesar -22.24 dB dan *bandwidth* 720 MHz. Selain itu, pola radiasi yang ditunjukkan *omnidirectional*. Tabel 1 adalah hasil studi literatur kami, beberapa peneliti sebelumnya telah mendesain antenna sejenis.

TABEL 1. Studi literatur antenna UAV pada frekuensi 5.8 Ghz

Parameter	Ref. 1 [10]	Ref. 2 [4]	Ref. 3 [1]
<i>Type of Patch</i>	<i>Rectangular</i>	<i>Rectangular</i>	<i>Rectangular</i>
<i>Array</i>	<i>Double E-shape</i>	2x2	1x4
<i>VSWR</i>	1,15	1,39	<2
<i>Return Loss</i>	-21,33 dB	-45 dB	-22,24 dB
<i>Bandwidth</i>	100,08 MHz	702 MHz	720 MHz
<i>Gain</i>	3,53 dB	12 dB	5 dB
<i>Polarisasi</i>	<i>Elips</i>	<i>Unidirectional</i>	<i>Circularly</i>

Luaran yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa desain antenna UAV yang memiliki performa yang lebih baik. Parameter ukur yang digunakan untuk mengukur performa antenna berupa *return loss*, *VSWR*, *bandwidth* dan *gain* [3]. Selain itu, koefisien pantul antenna yang dirancang harus sekecil mungkin sehingga energi yang dipancarkan dapat diterima seluruhnya oleh antenna [11].

METODOLOGI

Antenna UAV bekerja pada beberapa frekuensi berbeda. Kami memilih frekuensi 5.8 GHz karena frekuensi ini merupakan frekuensi bebas. Artinya tidak diperlukan izin khusus

dalam penggunaan frekuensi ini. Permasalahan dalam frekuensi ini adalah keterbatasan *bandwidth* yang disediakan berdasarkan regulasi yang berlaku. Untuk menentukan panjang gelombang pada ruang bebas dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (1) [12].

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \quad (1)$$

dimana:

λ_0 = Panjang gelombang (m)
 c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
 f = frekuensi (Hz).

Sedangkan untuk menentukan lebar *patch* antena dapat digunakan Persamaan (2)[13].

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

dimana:

f_r = frekuensi tengah/kerja antena (Hz)
 ϵ_r = Konstanta dielektrik substrat

Adapun untuk menentukan panjang *patch* antena terlebih dahulu harus ditentukan nilai ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*, yang dapat dirumuskan seperti Persamaan (3)[12].

$$\Delta L = h \times 0.412 \times \left[\frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (3)$$

dimana:

ϵ_{eff} = Konstanta dielektrik
 h = Ketebalan substrat (m).

Untuk menentukan panjangnya L dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4).

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

dimana:

L = Panjang Patch (m)
 λ_d = Panjang gelombang *feed line* (m).

Nilai *return loss* terbaik yang paling diharapkan yaitu kurang dari -10 dB, namun jika dalam pengolahan data matematis nilai dari *return loss* dinyatakan dengan nilai *positif*. Jadi nilai *return loss* maksimum yang diperbolehkan ada bernilai 10 dB. Besarnya koefisien refleksi Γ sebuah antena dapat ditentukan dengan persamaan (5).

$$RL \text{ (dB)} = 20 \log \Gamma \quad (5)$$

dimana:

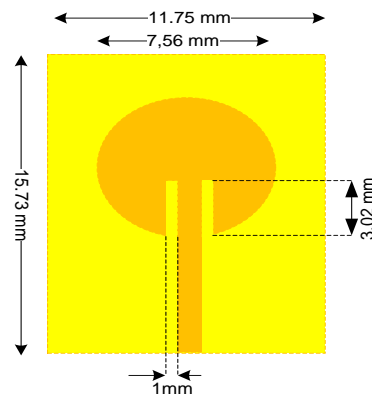
RL = *return loss*
 Γ = koefisien refleksi

Antena yang kami usulkan bentuknya sirkular elemen tunggal. Geometri antena ditunjukkan pada gambar 1 yang merupakan antena patch circular dengan pemotongan sudut untuk mencapai polarisasi melingkar [4].

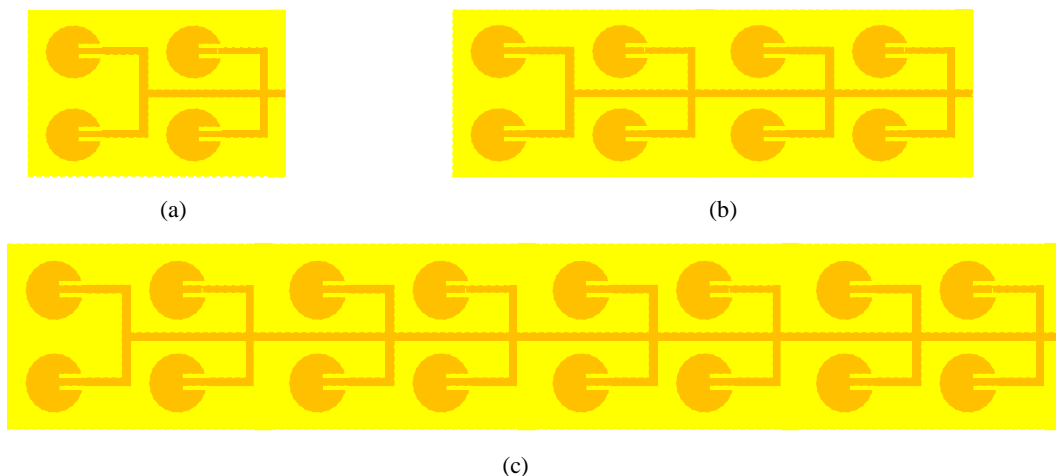
Dalam desain antenna kami gunakan perangkat lunak Ansys HFSS (*high-frequency structure simulator*). Perangkat lunak ini mudah dioperasikan. Selain itu, parameter antenna langsung dapat diperoleh. Bila parameter antenna dapat terpenuhi, maka antenna dapat diproduksi. Antenna dirancang untuk bekerja pada pita ISM 5,8 GHz. Antenna secara elektromagnetik digabungkan dengan sistem pengumpanan jalur mikrostrip [5]. Antenna elemen tunggal ini pertama kali dirancang untuk menampilkan karakteristik radiasi dasar [1].

Gambar 1 adalah hasil desain awal antenna yang kami usulkan. Metode yang kami gunakan untuk mendesain antenna ini mengacu pada persamaan (1), (2) dan (3). Perbedaan desain kami adalah dengan menggunakan pencatu inset, tujuannya untuk menurunkan nilai impedansi sehingga sesuai dengan nilai yang diinginkan. Kami menggunakan metode umpan inset sebesar 3,02 mm dengan lebar 1 mm seperti ditunjukkan pada gambar 1.

Untuk mengoptimalkan parameter antenna, kami melakukan *array* terhadap antenna yang sudah kami rancang. Kami mencoba berbagai jenis *array* untuk memperoleh performa antenna yang paling optimal. Menurut [14], untuk mengoptimalkan *gain* antenna dapat menggunakan metode *array*, yaitu dengan menduplikasi antenna yang dirancang dan disusun secara kolom dan baris. Dalam penelitian tersebut dipakai *array* antenna dengan jumlah 8×2 [14]. Gambar *array* antenna diberikan pada gambar 2.



GAMBAR 1 Bentuk antenna yang dirancang.

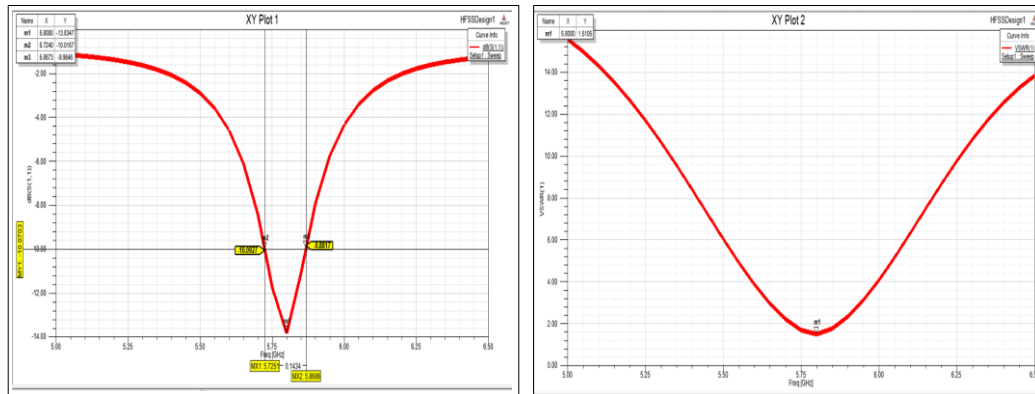


GAMBAR 2. Perancangan *array* antenna. (a) *array* 2×2 (b) *array* 2×4 (c) *array* 2×8 .

Dalam penelitian ini kami coba beberapa metode *array*. Pertama dengan 2×2 , hasil *array* ini belum mampu memberikan hasil yang diharapkan. Kami menambah jumlah *array* dengan 2×4 dan 2×8 . Tujuannya untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan tetap mempertahankan dimensi antenna yang tetap kecil.

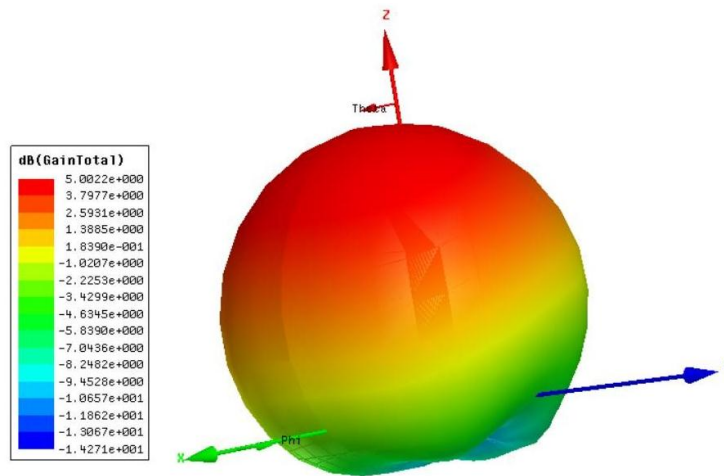
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan yang kami peroleh disajikan pada bagian ini. Pada tahap awal kami mendesain antenna *circular* tunggal memberikan nilai *return loss*, dan *bandwidth* seperti pada gambar 3(a). Gambar 3(a) menunjukkan nilai *return loss* sebesar -13.834 dB dengan *bandwidth* yang di dapat sebesar 143 MHz. Adapun nilai *VSWR* diberikan pada gambar 3(b).



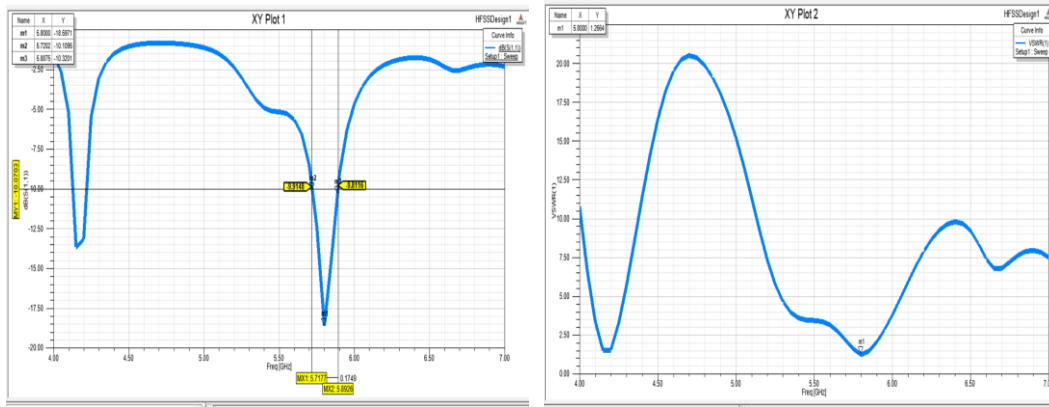
GAMBAR 3. (a) Hasil *return loss* dan *bandwidth* (b) Hasil *VSWR* patch *circular* tunggal

Nilai *VSWR* yang dihasilkan sebesar 1.51. Nilai *VSWR* yang dirancang belum memenuhi standar yang diinginkan. Adapun nilai *Gain* yang didapatkan dalam bentuk 3 dimensi ditunjukkan pada gambar 4. Nilai *Gain* yang diperoleh baru mencapai 5.002 dB.

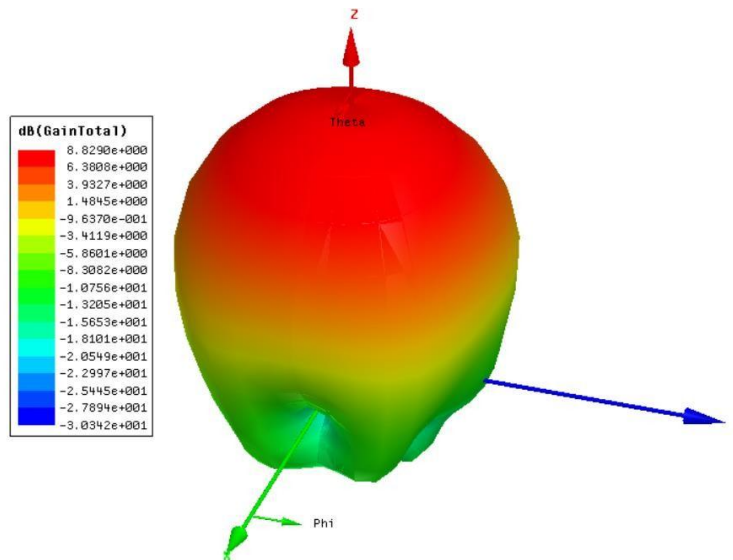


GAMBAR 4. Hasil *gain* antenna pada frekuensi 5.8 GHz.

Hasil simulasi kedua adalah antenna *patch circular array* 2x2. Gambar 5(a) adalah hasil pengukuran *return loss*. Pada tipe ini menghasilkan nilai *return loss* 18.597 dB dengan *bandwidth* yang di dapat sebesar 174 MHz. Berdasarkan gambar 5(b) dapat dilihat besarnya *VSWR* sebesar 1.26. Besarnya *gain* 8.829 dB dan diberikan pada gambar 6.

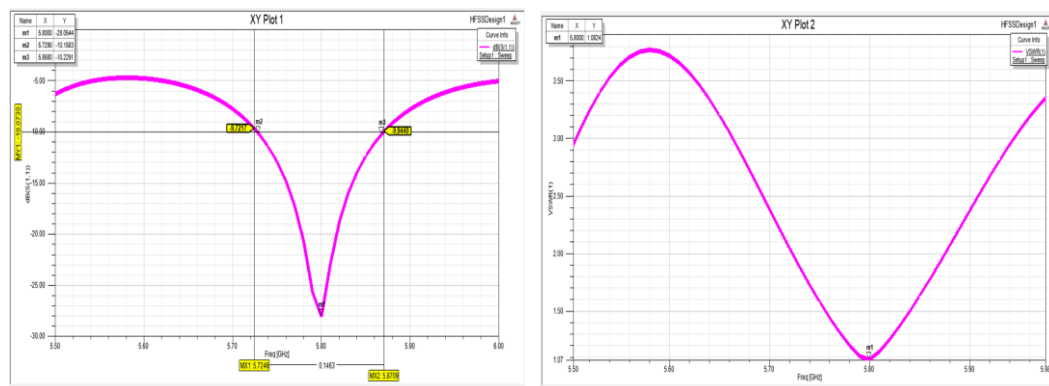


Gambar 5. (a) Hasil *return loss* (b) *VSWR* antenna mikrostrip patch circular array 2x2.

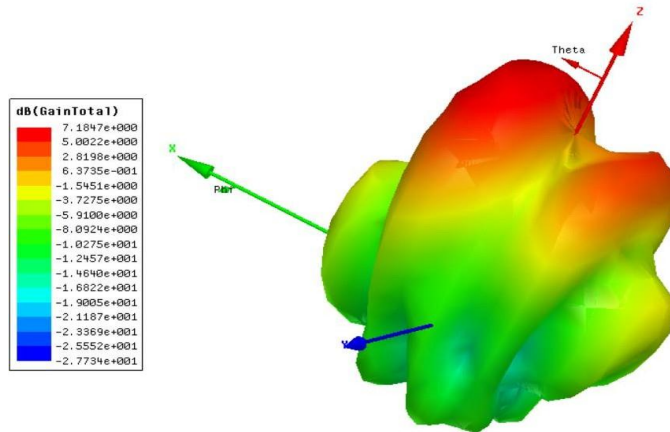


GAMBAR 6. Hasil simulasi *gain* antenna mikrostrip patch circular array 2x2 pada Frekuensi 5.8 GHz

Hasil percobaan ketiga adalah dengan *antenna mikrostrip patch circular array 2x4*. Parameter utama *return loss* dan *VSWR* diberikan pada gambar 7. Besarnya *return Loss* 28.054 dB dengan *bandwidth* yang di dapat sebesar 146 MHz dan *VSWR* 1,08. Hasil-hasil tersebut di berikan pada gambar 7. Adapun pada gambar 8 diberikan besarnya *gain* dari perancangan antenna ini sebesar 7.184 dB.

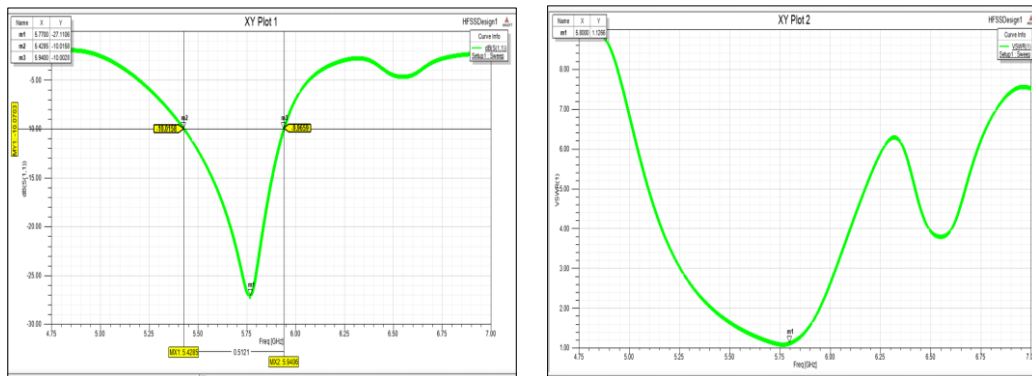


GAMBAR 7. (a) Hasil perancangan *return loss* dan *bandwidth* antenna mikrostrip patch circular array 2x4
 (b) Hasil *VSWR*



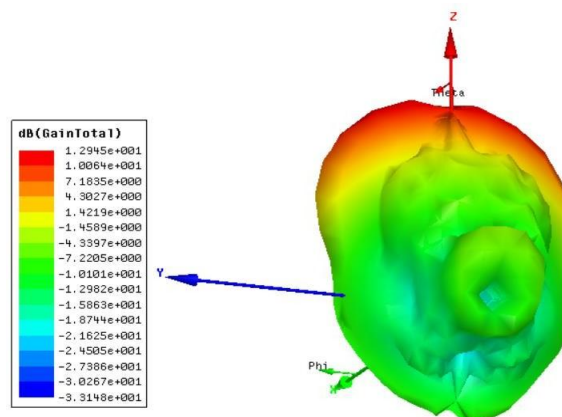
GAMBAR 8. Hasil gain antenna pada patch circular array 2x4

Perencanaan keempat dengan antenna *microstrip patch circular array* 2x8. Gambar 9 memberikan nilai *return loss* dan *VSWR*. Dalam rancangan keempat ini menghasilkan parameter RL -30.25 dB, *VSWR* 1,11 dengan *bandwidth* sebesar 512.1 MHz. *Gain*nya menghasilkan nilai 12.94 dB yang ditunjukkan pada gambar 10.



GAMBAR 9. (a) Hasil *return loss* (b) Hasil *VSWR* antenna mikrostrip patch circular array 2x8.

Perbandingan parameter antenna dalam penelitian ini diberikan pada tabel 2. Dalam tabel 2 ini hanya sebatas parameter utama yang meliputi *return loss*, *VSWR*, *bandwidth* dan *gain*. Untuk parameter impedansi dan lainnya sudah memenuhi persyaratan perancangan antenna.



GAMBAR 10. Hasil simulasi gain antenna mikrostrip patch circular array 2x8.

Hasil perencanaan yang kami peroleh khususnya pada *patch array* 2x8 menghasilkan parameter yang lebih baik dibandingkan dengan jurnal referensi penelitian sebelumnya [1], [4], [10]. Hasil penelitian lain yang kami jadikan referensi dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai *VSWR* yang ideal memiliki nilai 1. Dengan nilai *VSWR* 1 maka sinyal tidak akan

direfleksikan atau dipantulkan, besarnya koefisien refleksi antenna yang dirancang dapat dihitung melalui Persamaan 5. Nilai yang didapat adalah sebesar 0,017. Ini berarti besarnya daya yang dipantulkan oleh antenna rancangan sebesar sebesar 1.7%. Batasan maksimal daya yang boleh dipantulkan adalah 10% [13]. Dengan hasil ini, maka sinyal dapat diserap oleh antenna hingga 98.7%.

TABEL 2. Perbandingan parameter antenna yang dirancang.

<i>Patch</i>	<i>Return Loss (dB)</i>	<i>VSWR</i>	<i>Gain (dBi)</i>	<i>Bandwidth</i>
<i>single patch</i>	-13.83	1.51	5	143
<i>array 2×2</i>	-18.59	1.26	8.82	174
<i>array 2×4</i>	-28	1.08	7.18	146
<i>array 2×8</i>	-35.25	1.11	12.94	512.1

Hasil rancangan antenna UAV dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi baru. Hal tersebut didasari dari perolehan parameter penting yang nilainya lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya [1], [4]. Perlu diingat bahwa bandwidth yang tersedia pada frekuensi ISM-band 5.8 GHz hanya 150 MHz. Sementara bandwidth antenna kami 512.1 MHz, artinya ini sudah cukup untuk melayani seluruh *bandwidth* kerja pada frekuensi 5.8 GHz.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancangan antenna *circular patch array 2×8* yang kami lakukan menghasilkan parameter yang memenuhi harapan peneliti. Hasilnya memberikan nilai *return loss* -30.25 dB, *VSWR* 1.11, *bandwidth* sebesar 512.1 MHz dan *gain* sebesar 12.94 dB. Besarnya koefisien refleksi antenna yang dirancang adalah sebesar 0,017. Ini berarti besarnya daya yang dipantulkan oleh antenna rancangan sebesar sebesar 1.7% atau antenna mampu menangkap energi sinyal hingga 98.3%.

REFERENSI

- [1] E. T. Rahardjo, F. Y. Zulkifli, Basari, D. Y. Herwanto, and J. T. S. Sumantyo, "Circularly polarized microstrip antenna array for UAV application," *ISAP 2013 - Proc. 2013 Int. Symp. Antennas Propag.*, vol. 2, pp. 870–872, 2013.
- [2] 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.
- [3] Z. Akhter, R. M. Bilal, and A. Shamim, "Dual-mode Circular Microstrip Patch Antenna for Airborne Applications," *15th Eur. Conf. Antennas Propagation, EuCAP 2021*, 2021, doi: 10.23919/EuCAP51087.2021.9411160.
- [4] 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.
- [5] C. Hung, Y. Teng, Y. Tien, and Y. Tsai, "Development of Low-Profile Antenna for Mini UAV with Reconnaissance Mission," vol. 6, no. 5, pp. 598–603, 2012.
- [6] 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.
- [7] L. Swann, *Unmanned Aircraft Systems (UAS)*. 2016.
- [8] J. P. Yaacoub, H. Noura, O. Salman, and A. Chehab, "Security analysis of drones systems: Attacks, limitations, and recommendations," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 11, p. 100218, 2020, doi: 10.1016/j.iot.2020.100218.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] O. N. Pratama, E. Setiawan, and H. Fitriyah, "Kendali Antena UAV menggunakan Kontrol PID untuk mendapatkan Gain Maksimum," vol. 5, no. 2, pp. 710–716, 2021.
- [12] R. Ruliyanta and E. R. Nugroho, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Rectangular Array 4x1 pada Frekuensi 1800 MHz-2300 MHz," *J. Ilm. Giga*, vol. 24, no. 1, p. 35, 2021, doi: 10.47313/jig.v24i1.1144.
- [13] M. M. Jawad, N. N. N. A. Malik, N. A. Murad, M. R. Ahmad, M. R. M. Esa, and Y. M. Hussein, "Design of substrate integrated waveguide with minkowski-sierpinski fractal antenna for wban applications," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 9, no. 6, pp. 2455–2461, 2020, doi: 10.11591/eei.v9i6.2194.
- [14] S. ALAM, I. SURJATI, L. SARI, and J. TANUWIJAYA, "Antena Mikrostrip Array 8x2 Elemen untuk Aplikasi Radio Gelombang Mikro," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 2, p. 293, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.293.