

Simulasi Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array Empat Elemen Untuk Penerima FPV 5,8 GHz Pada Wahana UAV

Ferry¹, Syahrial², Hubbul Walidainy³, Ahmadiar⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf, No. 7, Banda Aceh, 23111, Indonesia

¹ferry98@mhs.unsyiah.ac.id

²syahrial@unsyiah.ac.id

³hwalidainy@unsyiah.ac.id

⁴ahmadiar@unsyiah.ac.id

Abstrak— Antena merupakan faktor utama pada sistem *First Person View* (FPV) untuk mentransmisi video secara *real time* dari *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) ke pengguna di *Ground Control Station* (GCS). Penelitian ini bertujuan untuk merancang antena mikrostrip *rectangular patch array* empat elemen menggunakan teknik pencatu *Line Feed* untuk penerima FPV 5,8 GHz, metode yang dipakai adalah simulasi dengan *software Advanced Design System* (ADS). Bahan yang digunakan *Epoxy fiberglass FR4*, ketebalan (h) = 1,6 mm, konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5, dan *Loss tangent* = 0,018. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai *return loss* = -23,018 dB, *VSWR* = 1,152, *gain* = 9,442 dBi, *bandwidth* = 284 MHz serta memiliki pola radiasi *directional*.

Kata Kunci— Antena, ADS, FPV, Mikrostrip Array, Patch Rectangular, UAV.

I. PENDAHULUAN

Alat yang berfungsi sebagai pemancar serta penerima gelombang elektromagnetik adalah antena. Antena dapat digunakan untuk komunikasi suara, data, dan juga video [1]. Seiring dengan perkembangan teknologi pengambilan foto udara dapat dilakukan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau pesawat tanpa awak. Pada UAV memiliki sistem video *real time* yang dapat langsung ditransmisikan kepada pengguna di *Ground Control Station* (GCS) yang digunakan untuk memantau UAV saat sedang melakukan misi penerbangan yang biasa dikenal dengan sistem *First Person View* (FPV).

Pada sistem FPV, antena merupakan faktor yang sangat menentukan dalam proses pengiriman dan penerimaan video serta menentukan jangkauan dan kekuatan sinyal dari sistem FPV. Komunikasi yang baik dan stabil diperlukan untuk menghindari kehilangan sinyal selama UAV melakukan misi penerbangan [2]. Untuk mendapatkan hasil yang efektif dan maksimal dalam melakukan misi penerbangan, UAV membutuhkan ketinggian dan jarak yang cukup jauh. Terdapat beberapa jenis antena yang digunakan dalam komunikasi video pada sistem FPV, salah satunya adalah antena mikrostrip.

Antena mikrostrip memiliki tiga komponen utama diantaranya *ground plane* di bagian bawah, substrat di tengah dan juga *patch* di bagian atas. Keuntungan dari antena ini adalah memiliki bentuk yang *low-profile* dengan ketebalan substratnya dalam besaran milimeter kemudian mudah dan murah sehingga bisa diproduksi dalam jumlah besar [3].

Permasalahan umum antena pada aplikasi FPV adalah terkait jarak, sehingga kualitas video yang dikirim mengalami penurunan kualitas seiring dengan bertambahnya jarak. Antena *default* pada monitor FPV yang berjenis dipole yang memiliki pola radiasi *omnidirectional* dengan gain 3 dBi hanya mampu menjangkau jarak 557 meter. Antena mikrostrip yang akan dirancang pada penelitian ini memiliki empat elemen dengan bentuk *rectangular patch* yang akan disusun secara *array* menggunakan konfigurasi *parallel feed network* dengan substrat FR4. Adapun keuntungan yang ditawarkan pada penelitian ini adalah didapatkannya nilai-nilai parameter sesuai standar serta dapat meningkatkan performa antena dalam menerima video untuk sistem *First Person View* (FPV) pada *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV).

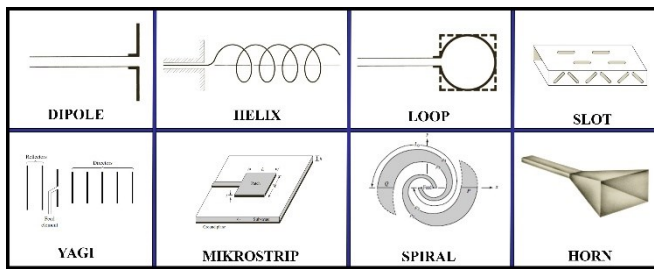
II. DASAR TEORI

A. Antena

Berdasarkan kamus *Webster's* antena dideskripsikan sebagai alat yang dibuat dari logam untuk memancarkan dan juga menerima gelombang radio. Dengan demikian antena dapat dikatakan sebagai peralihan struktur antara ruang bebas dengan suatu alat pemandu yang digunakan untuk menggerakkan gelombang elektromagnetik dari pemancar hingga penerima [4]. Antena merupakan elemen penting pada sistem telekomunikasi nirkabel, performansi sistem akan terjamin jika dapat menetapkan penggunaan antena yang akurat, baik dalam perancangan serta benar pada pemasangan [3].

Berdasarkan pola radiasinya antena terbagi menjadi dua tipe yaitu *directional* yang menerima serta memancarkan gelombang elektromagnetik dari satu arah atau dua arah dan

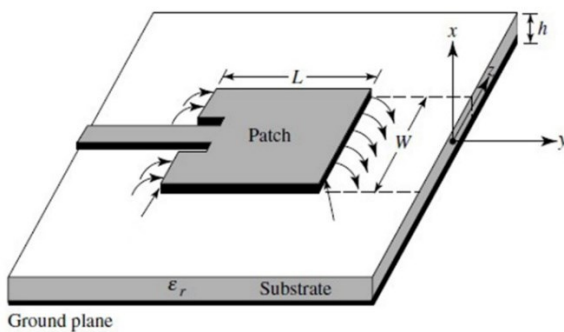
omnidirectional yang menerima dan memancarkan gelombang elektromagnetik ke segala penjurur [5].



Gambar 1. Jenis – Jenis Antena [6]

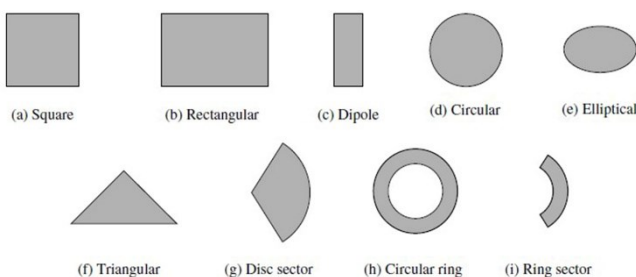
B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki tiga elemen penting diantaranya elemen peradiasi (*patch*), substrat dan *ground plane* (Gambar 2). Antena mikrostrip memiliki kemudahan dalam fabrikasi serta penyesuaian frekuensi resonansi, polarisasi, impedansi dan pola radiasi. Antena mikrostrip memiliki keuntungan bentuk yang *low-profile* serta memiliki ketebalan substrat dalam besaran milimeter, kemudian mudah dan murah sehingga bisa diproduksi dalam jumlah besar [3].



Gambar 2. Bagian Antena Mikrostrip [4]

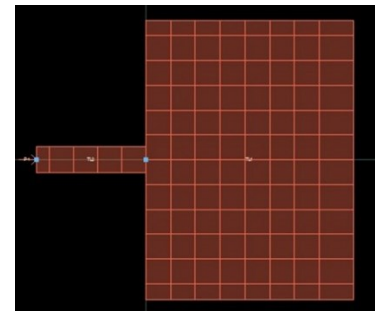
Pada gambar 3 terlihat bahwa jenis antena mikrostrip dapat dilihat berdasarkan ukuran dan bentuk *patch*-nya, bentuk yang umum digunakan adalah persegi, persegi panjang, dipol (*strip*), dan lingkaran karena mudah dalam melakukan analisis dan fabrikasi [4].



Gambar 3. Jenis-Jenis Patch pada Antena Mikrostrip [4]

C. Teknik Pencatuan

Pencatu (*feeding*) diperlukan pada antena mikrostrip untuk menyalurkan energi dari sumbernya. Terdapat beberapa teknik pencatuan antena mikrostrip seperti terhubung (*contacting*) pada *patch* dan tidak terhubung (*non-contacting*) pada *patch*. Untuk teknik terhubung (*contacting*) daya disalurkan secara langsung ke *patch* menggunakan saluran transmisi sedangkan teknik tidak terhubung (*non-contacting*) induksi medan elektromagnetik digunakan untuk menyalurkan daya dari saluran menuju *patch*. Berikut merupakan gambar dari teknik pencatuan terhubung (*contacting*) [3].



Gambar 4. Teknik Pencatuan Line Feed

D. Antena Mikrostrip Patch Rectangular

Antena mikrostrip dengan *patch* persegi panjang merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena antena dengan jenis *patch* persegi panjang sangat mudah untuk dianalisis [6]. Untuk menentukan dimensi *patch* antena mikrostrip *patch rectangular* harus dirancang lebar (W) dan panjang (L).

Untuk menentukan lebar (W) dari *patch* atau elemen peradiasi pada antena mikrostrip *rectangular* dapat dihitung menggunakan persamaan (1) [4],

$$W = \frac{c}{2 \cdot fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{1}$$

dimana W adalah lebar dari elemen peradiasi atau *Patch* (mm), *fr* merupakan frekuensi resonansi (Hz), dan ϵ_r adalah permitivitas relatif atau konstanta dielektrik bahan.

Setelah didapatkan lebar (W) dari *patch* maka akan dilakukan perhitungan panjang (L) *patch*. Sebelum menghitung panjang *patch* terlebih dahulu mencari konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}). Untuk menghitung konstanta dielektrik efektif dari antena mikrostrip dapat menggunakan persamaan (2) [4],

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \tag{2}$$

dimana ϵ_{reff} merupakan konstanta dielektrik efektif, dan h merupakan ketebalan substrat (mm).

Untuk menentukan panjang (L) dari elemen peradiasi atau *patch* antena mikrostrip *rectangular* dapat dihitung dengan persamaan (3) dan (4) [4],

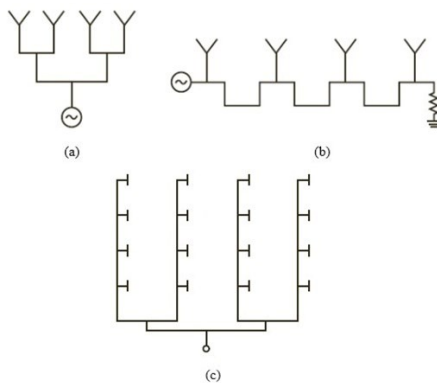
$$\Delta L = 0,412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \quad (3)$$

$$L = \frac{c}{2 \cdot f \cdot \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

dimana ΔL adalah ekstensi *patch* atau penambahan panjang, dan L merupakan anjang dari elemen peradiasi atau *patch* (mm).

E. Antena Mikrostrip Array

Antena mikrostrip tidak hanya digunakan sebagai *single patch* tetapi juga sangat populer dalam *array*. Antena *array* mampu meningkatkan kinerja antena, meningkatkan *directivity*, *efisiensi*, *gain* dan melakukan berbagai fungsi lain yang tidak dapat dilakukan oleh antena dengan *single patch*. Antena mikrostrip dengan konfigurasi *array* adalah antena mikrostrip *single patch* yang dikembangkan. Antena *array* dapat tersusun seri, paralel ataupun gabungan dari kedua bentuk tersebut.[4].



Gambar 5. (a) Paralle Feed, (b) Series Feed, (c) Parallel-Series Feed [5]

F. Parameter-Parameter Antena

1) *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*: Perbandingan antara gelombang datang dengan gelombang pantul ataupun perbandingan dari nilai tegangan maksimal dengan nilai tegangan minimal yang terbentuk disepanjang saluran transmisi. Antena dengan spesifikasi $VSWR \leq 2$ merupakan tipikal impedansi yang cocok [7]. *VSWR* dinyatakan ke dalam persamaan matematis (5) [4],

$$VSWR = \frac{|V|_{\text{max}}}{|V|_{\text{min}}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (5)$$

dimana V_{max} merepresentasikan tegangan maksimum, V_{min} adalah tegangan minimum, dan Γ untuk koefisien refleksi.

2) *Return Loss atau S11*: Return Loss atau S11 merupakan parameter pada antena yang berguna untuk mengetahui daya yang hilang karena tidak sepadan-nya beban. Semakin kecil nilai *return loss* yang dihasilkan maka antena tersebut semakin bagus pula. Nilai $< -9,54$ dB merupakan *return loss* yang baik dan diperoleh untuk nilai $VSWR \leq 2$ sehingga saluran transmisi dikatakan *matching* [4]. *Return loss* dinyatakan ke dalam persamaan matematis berikut [5]:

$$\text{Return loss} = -20 \cdot \log |\Gamma| \quad (6)$$

3) *Bandwidth*: Bandwidth merupakan rentang frekuensi dimana antena dapat bekerja dengan baik, biasanya dinyatakan sebagai rasio frekuensi atas ke bawah dari operasi yang dapat diterima. Untuk menentukan *bandwidth* antena dapat digunakan persamaan berikut (7) [8],

$$BW = f_u - f_l \quad (7)$$

dengan f_u adalah frekuensi tinggi, dan f_l untuk frekuensi rendah.

4) *Gain*: *Gain* adalah ukuran kemampuan dari suatu antena untuk mengarahkan daya input ke radiasi dalam arah tertentu yang diukur pada intensitas radiasi puncaknya. Secara umum, *gain* didefinisikan sebagai pola bias penguatan pada suatu antena [7]. *Gain* dan *directivity* sangat berkaitan dan berfungsi memperhitungkan efisiensi antena serta kemampuan pengarahannya [5].

5) *Pola Radiasi*: Pola Radiasi merupakan penggambaran radiasi dari kuat pancaran gelombang radio pada antena ataupun tingkat antena dalam penerimaan sinyal. Pada dasarnya pola radiasi menyerupai bola, untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan dan penggambaran yang disusun oleh pola radiasi horisontal dan vertikal. Pola radiasi horisontal merupakan informasi arah horisontal (*azimuth*) dan juga besar *gain* dari antena, sedangkan pola radiasi vertikal merupakan informasi tentang arah vertikal (*elevation*) dan besar *gain* pada antena [9].

G. First Person View (FPV)

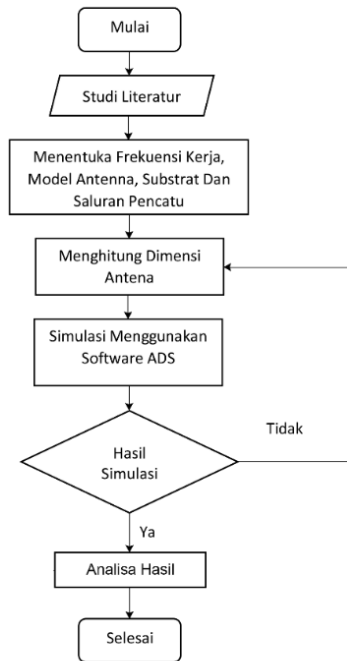
FPV memungkinkan pengendali untuk mengatur pesawat melalui *onboard* seakan-akan sedang berada di dalam UAV tersebut. UAV dengan sistem FPV dikendalikan dari jarak jauh melalui kamera *onboard* yang dikirimkan secara nirkabel ke *video goggles* atau *video monitor* [10]. Video dikirimkan secara *realtime* menggunakan *transceiver* video 5.8 GHz [11].



Gambar 6. Komponen First Person View (FPV) [12]

III. METODE PENULISAN

Tahapan-tahapan dalam melakukan proses penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Tahapan Penelitian

A. Menentukan Frekuensi, Model Antena dan Substrat

Frekuensi kerja yang digunakan adalah 5,8 GHz untuk penerima FPV pada UAV, Model antena yang digunakan adalah antena mikrostrip empat elemen dengan *rectangular patch* yang akan di-array menggunakan konfigurasi *parallel feed network* dan teknik pencatu *line feed*. Subtrat yang digunakan yaitu *Epoxy fiberglass FR4* dengan tinggi $h = 1,6$ mm, $\epsilon_r = 4,5$ dan *loss tangent = 0,018*.

B. Dimensi Saluran Transmisi

Dalam menentukan dimensi dari elemen peradiasi dan saluran transmisi terlebih dahulu harus diketahui panjang gelombang diruang bebas (λ_0), dan kemudian harus diketahui nilai frekuensi resonansi (f_r) yaitu 5800 MHz dan kecepatan cahaya (c) sebesar 3×10^8 m/s.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \text{ (m)} \tag{8}$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (m)} \tag{9}$$

Untuk menghitung dimensi dari saluran transmisi dapat digunakan persamaan (10) dan (11),

$$W_T = \frac{120\pi}{Z_T} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)} \tag{10}$$

$$L_T = \frac{1}{4} \lambda_d \tag{11}$$

dimana W_T merepresentasikan lebar saluran transmisi (mm), 120π adalah impedansi ruang hampa (377Ω), Z_T merupakan

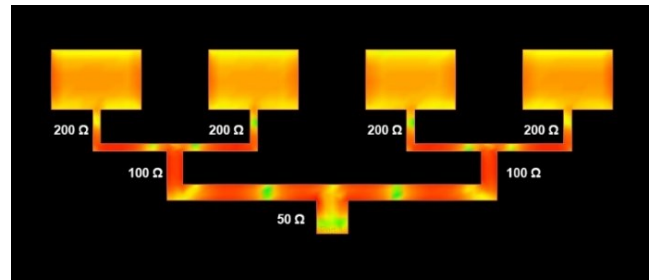
impedansi saluran transmisi (Ω), dan L_T sebagai panjang saluran transmisi (m).

Dan untuk mendapatkan jarak antar elemen (d) antena array dapat digunakan persamaan (12),

$$d = \frac{c}{4 \times f} \text{ (m)} \tag{12}$$

C. Penyepadanan Impdansi Saluran Transmisi

Untuk impedansi pada saluran transmisi pada setiap elemen yang direncanakan adalah $Z_0 = 200 \Omega$, $Z_1 = 100 \Omega$ dan $Z_2 = 50 \Omega$ dengan tujuan didapatkan impedansi total sebesar 50Ω dan *matching* terhadap konektor SMA *male* 50Ω .



Gambar 8. Penyepadanan Impedansi

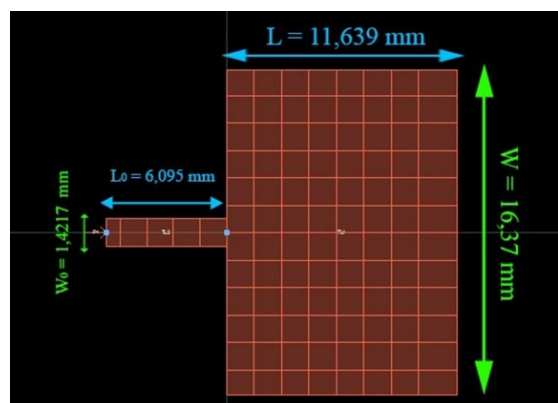
D. Perancangan dan Optimasi Antena Satu Elemen

Data hasil perhitungan untuk antena satu elemen belum mencapai frekuensi kerja yang diharapkan sehingga dilakukan optimasi untuk mencapai frekuensi kerja 5,8 GHz. dapat dilihat pada tabel yang berwarna biru merupakan hasil optimasi.

TABLE I
PERBANDINGAN PERHITUNGAN DAN OPTIMASI ANTENA SATU ELEMEN

No.	W (mm)	L (mm)	VSWR	Gain (dBi)	Return Loss (dB)	Frequency (MHz)	Bandwidth (MHz)
1	15,59	11,61	1,521	4,21	-13,696	5831	206
2	16,37	11,639	1,433	4,27	-14,988	5800	215

Dapat dilihat terjadi perubahan ukuran elemen peradiasi untuk lebar (W) memiliki selisih 0,78 mm dan panjang (L) memiliki selisih 0,029 mm yang bertujuan mencapai frekuensi kerja 5,8 GHz.



Gambar 9. Dimensi Antena Mikrostrip Satu Elemen Optimasi

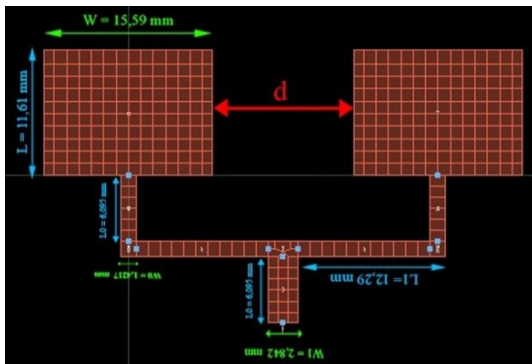
E. Perancangan dan Optimasi Antena Array Dua Elemen

Pada perancangan antena mikrostrip *array* dua elemen merupakan pengembangan dari antena mikrostrip satu elemen. Data hasil perhitungan belum mencapai frekuensi kerja yang diharapkan sehingga dilakukan optimasi untuk mencapai frekuensi kerja 5,8 GHz untuk antena mikrostrip *array* dua elemen. Dapat dilihat pada tabel yang berwarna biru merupakan hasil optimasi.

TABLE III
PERBANDINGAN PERHITUNGAN DAN OPTIMASI ANTENA DUA ELEMEN

No.	W (mm)	L (mm)	VSWR	Gain (dBi)	Return Loss (dB)	Frequency (MHz)	Bandwidth (MHz)
1	15,59	11,61	1,569	5,50	-13,093	6125	319
2	19,3	11,93	1,495	5,85	-14,046	5800	597

Dapat dilihat terjadi perubahan ukuran elemen peradiasi untuk lebar (W) memiliki selisih 3,71 mm dan panjang (L) memiliki selisih 0,32 mm.



Gambar 10. Dimensi Antena Mikrostrip Array Dua Elemen Perhitungan

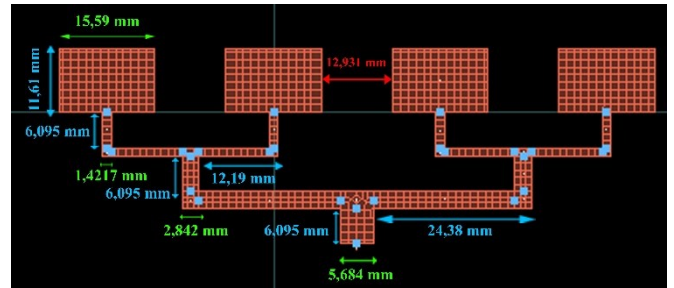
F. Perancangan dan Optimasi Antena Array Empat Elemen

Pada perancangan antena mikrostrip *array* empat elemen merupakan pengembangan dari antena mikrostrip dua elemen. Data hasil perhitungan belum mencapai frekuensi kerja yang diharapkan sehingga dilakukan optimasi untuk mencapai frekuensi kerja 5,8 GHz untuk antena mikrostrip *array* empat elemen. dapat dilihat pada tabel yang berwarna biru merupakan hasil optimasi.

TABLE IIIII
PERBANDINGAN PERHITUNGAN DAN OPTIMASI ANTENA EMPAT ELEMEN

No.	W (mm)	L (mm)	VSWR	Gain (dBi)	Return Loss (dB)	Frequency (MHz)	Bandwidth (MHz)
1	15,59	11,61	1,236	9,36	-19,530	5681	250
2	16,37	11,03	1,152	9,44	-23,018	5800	284

Dapat dilihat terjadi perubahan ukuran elemen peradiasi untuk lebar (W) memiliki selisih 0,87 mm dan panjang (L) memiliki selisih 0,58 mm. Dengan membuat antena mikrostrip menjadi *array* atau menggabungkan beberapa elemen peradiasi dapat meningkatkan kinerja antena, namun demikian dapat merubah karakteristik awalnya dan salah satunya adalah terjadi pergeseran frekuensi kerja. Maka dari itu optimasi dilakukan agar antena *array* memiliki frekuensi kerja sesuai dengan yang diharapkan.

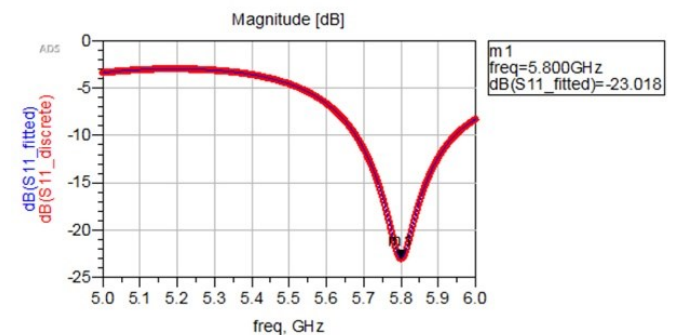


Gambar 11. Dimensi Antena Mikrostrip Array Empat Elemen Optimasi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi Return Loss

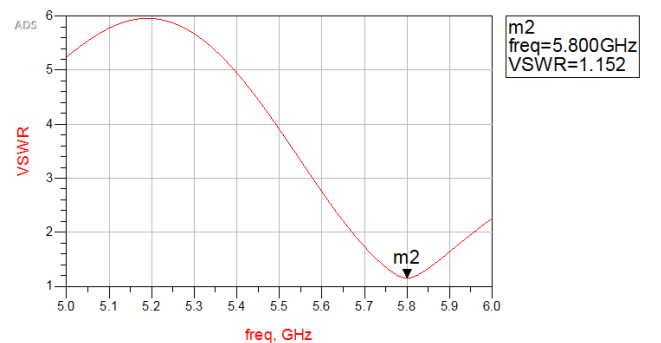
Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* ADS didapatkan nilai *return loss* -23,018 dB yang ditunjukkan oleh *marker* m1 pada frekuensi kerja 5,8 GHz dimana untuk nilai *return loss* yang baik dan agar antena dapat bekerja dengan optimal adalah dibawah -9,54 dB.



Gambar 12. Grafik Return Loss Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array Empat Elemen

B. Hasil Simulasi VSWR

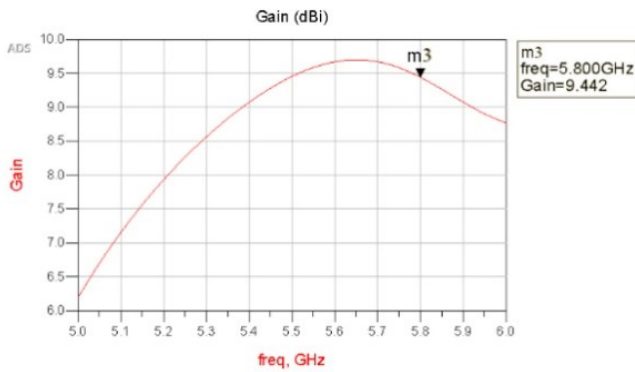
Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* ADS didapat nilai VSWR sebesar 1,152. Hasil tersebut merupakan nilai yang baik untuk nilai VSWR yang bagus dan antena dapat bekerja dengan optimal adalah bernilai 1 sampai ≤ 2.



Gambar 13. Grafik VSWR Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array Empat Elemen

C. Hasil Simulasi Gain

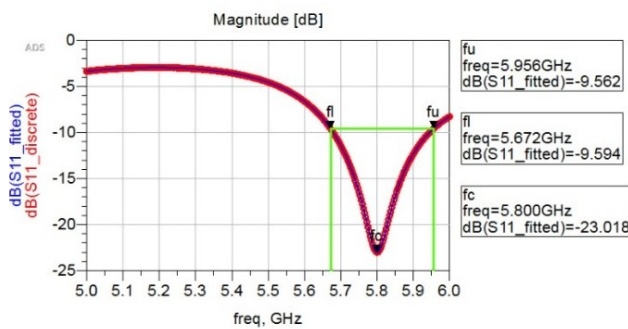
Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* ADS, didapatkan nilai *gain* sebesar 9,442 dBi yang ditunjukkan oleh *marker* m3 pada frekuensi kerja 5,8 GHz.



Gambar 14. Grafik Gain Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array Empat Elemen

D. Hasil Simulasi Bandwidth

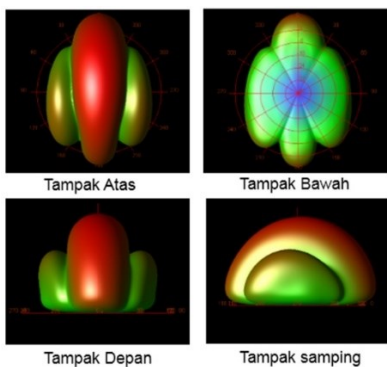
Bandwidth dapat dihitung menggunakan persamaan (7) sehingga didapatkan *bandwidth* antena seperti yang terlihat pada gambar 1, dimana BW adalah 284 MHz.



Gambar 15. Grafik Bandwidth Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array Empat Elemen

E. Hasil Simulasi Pola Radiasi

Pola radiasi yang dihasilkan merupakan pola radiasi *directional*. Dapat dilihat bentuk pola radiasi berpusat dan mengarah ke atas pada bagian *main lobe*.



Gambar 16. Hasil Simulasi Pola Radiasi

V. KESIMPULAN

Dalam melakukan simulasi antena menggunakan *software* ADS, data dari perhitungan belum sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan sehingga harus dilakukan proses optimasi. Hasil simulasi dari antena mikrostrip *rectangular patch array* empat elemen bekerja pada frekuensi 5800 MHz, memiliki nilai *return loss* sebesar -23,018 dB, VSWR sebesar 1,152, *gain* sebesar 9,442 dBi, *bandwidth* sebesar 284 MHz dan memiliki pola radiasi *directional*. Parameter antena yang didapat dari hasil simulasi lebih baik dari spesifikasi antena *default* monitor FPV. Dengan *gain* yang lebih besar dan pola radiasi *directional*, sehingga pola radiasi lebih terarah dan dapat menjangkau sinyal FPV lebih jauh.

REFERENSI

- [1] Nurbani, R. Yuyun Siti, and N. Dwi Andi, "Realisasi Antena Mikrostrip Sistem Aerial Video Pada Sisi Ground Segment Di Frekuensi 5.8 GHz," *Tek. Telekomun. Fak. Ilmu Terap. Univ. Telkom*, p. 14, Jul. 2017.
- [2] Y. Rafsyam, Jonifan, and P. Ibrahim N, "Rancang Bangun Antena Helix 8 Lilitan untuk Sistem Autotracking sebagai Penjejak Unmanned Aerial Vehicle (UAV)," *Jur. Tek. Elektro UNTIRTA*, vol. 6, p. 9, Desember 2017.
- [3] M. Alaydrus, *Antena Prinsip dan Aplikasi*, 1st ed. Ruko Jambusari No. 7A Yogyakarta 55283: GRAHA ILMU, 2011.
- [4] C. A. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*, 3rd ed. Hoboken, NJ: John Wiley, 2005.
- [5] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, *Antenna theory and design*, 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2013.
- [6] C. A. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*, 4rd ed. Canada: John Wiley, 2016.
- [7] T. A. Milligan, *Modern antenna design*, 2nd ed. Hoboken, NJ: IEEE Press : Wiley-Interscience, 2005.
- [8] W. Winata, "Desain Dan Analisis Antena Mikrostrip Circular Patch Array Empat Elemen Untuk Aplikasi Wlan 5,8 GHz," *Jur. Tek. Elektro Dan Komput. Fak. Tek. Univ. Syiah Kuala Darussalam Banda Aceh*, p. 76.
- [9] Y. Muhaiban, H. Srihendayana, and N. T. Mooniarsih, "Analisis Polaradiasi Pada Pemancar Stasiun NET TV Pontianak," *Tek. Elektro Jur. Elektro Fak. Tek. Univ. Tanjungpura Pontianak*, p. 8.
- [10] "FIRST-PERSON VIEW (FPV)," *Drone Case Resources*. <https://goprofessionalcases.com/drone-case-resources/first-person-view-fpv> (accessed Nov. 25, 2020).
- [11] R. E. Putra, H. Wijanto, and A. D. Prasetyo, "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Array Polarisasi Sirkular Pada Frekuensi 5,8 GHz Dengan Catuan Proximity Coupled Untuk Aplikasi First Person View Pesawat Tanpa Awak Pada Sisi Ground Segment," *Tek. Telekomun. Fak. Tek. Elektro Univ. Telkom*, vol. 2, p. 3120, Agustus 2015.
- [12] ArduPilot, "First Person View (FPV)." <https://ardupilot.org/copter/docs/common-fpv-first-person-view.html> (accessed Nov. 25, 2020).