

Perancangan Antena Mikrostrip Yagi-Uda *Array* 1×4 pada Frekuensi 2.45 GHz untuk Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax)

Setyo Bimantoro^{1*} dan Shita Herfiah¹

1. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16424, Indonesia

*E-mail: setyo.bimantoro.te21@mhsw.pnj.ac.id

Abstrak

Dalam sistem komunikasi nirkabel modern seperti Wi-Fi, antena merupakan komponen yang sangat krusial karena secara langsung memengaruhi efisiensi transmisi dan penerimaan sinyal, kualitas koneksi, jangkauan layanan, serta stabilitas jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan antena mikrostrip tipe Yagi-Uda pada frekuensi 2.45 GHz dengan konfigurasi array 1×4 guna meningkatkan penguatan (gain), arah radiasi, dan efisiensi transmisi sinyal. Desain antena dilakukan menggunakan substrat FR-4 dengan ketebalan 1.6 mm dan konstanta dielektrik sebesar 4.3. Metodologi mencakup perhitungan dimensi elemen-elemen antena (driven, reflector, dan director), pemodelan array, serta simulasi menggunakan perangkat lunak. Hasil simulasi menunjukkan nilai *return loss* sebesar -50,89 dB, bandwidth sebesar 526,03 MHz, nilai VSWR sebesar 1,006, dan gain maksimum sebesar 9.2 dBi. Pola radiasi yang dihasilkan bersifat direksional, sesuai dengan karakteristik yang diharapkan dari antena array Yagi-Uda. Dengan performa tersebut, antena ini berpotensi diimplementasikan sebagai solusi perangkat komunikasi nirkabel yang efisien dan terarah untuk mendukung teknologi Wi-Fi 6.

Kata Kunci: Wi-Fi, Antena, Mikrostrip, Array

Abstract

In modern wireless communication systems such as Wi-Fi, antennas are crucial components because they directly affect transmission and signal reception efficiency, connection quality, service range, and network stability. This study aims to design and simulate a Yagi-Uda microstrip antenna at a frequency of 2.45 GHz with a 1×4 array configuration to improve gain, radiation direction, and signal transmission efficiency. The antenna design was carried out using an FR-4 substrate with a thickness of 1.6 mm and a dielectric constant of 4.3. The methodology includes calculating the dimensions of the antenna elements (driven, reflector, and director), array modeling, and simulation using software. The simulation results show a return loss value of -50.89 dB, a bandwidth of 526.03 MHz, a VSWR value of 1.006, and a maximum gain of 9.2 dBi. The resulting radiation pattern is directional, consistent with the expected characteristics of a Yagi-Uda array antenna. With this performance, the antenna has the potential to be implemented as an efficient and directional wireless communication device solution to support Wi-Fi 6 technology.

Keywords: Wi-Fi, Antenna, Microstrip, Array

1. Pendahuluan

Komunikasi nirkabel memiliki aplikasi yang luas dalam jaringan lokal nirkabel (*WLAN*), *Wireless Fidelity (Wi-Fi)*, telepon seluler, satelit, militer, dan sistem penentuan posisi global (*GPS*) (Halliru et al., 2023). Permintaan terhadap sistem komunikasi seluler terus meningkat karena meningkatnya ketergantungan global pada konektivitas seluler dan kemajuan teknologi (Singh & Mamta, 2024). *Wi-Fi*, berdasarkan standar *IEEE 802.11*, adalah teknologi komunikasi nirkabel yang diadopsi secara luas yang memungkinkan akses internet berkecepatan tinggi dan transfer data di berbagai perangkat dalam jaringan area lokal (Silalahi et al., 2020).

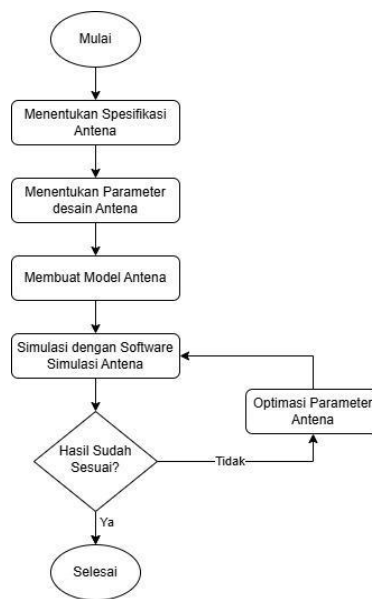
Perkembangan teknologi *Wi-Fi* semakin berkembang dengan munculnya *Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax)* yang membawa peningkatan signifikan dalam kecepatan transfer data, kapasitas jaringan, dan efisiensi energi dibandingkan generasi sebelumnya. Dengan kemampuan untuk beroperasi pada band frekuensi 2.4 GHz dan 5 GHz, *Wi-Fi 6* membutuhkan antenna yang dapat bekerja secara optimal pada kedua band tersebut. Dalam konteks ini, antenna mikrostrip Yagi-Uda dengan konfigurasi *array* menjadi solusi yang sangat menjanjikan untuk implementasi *Wi-Fi 6* yang efektif.

Antena mikrostrip dipilih karena ukurannya yang ringkas, konstruksi yang ringan, dan proses fabrikasi yang mudah dengan memanfaatkan teknologi papan sirkuit cetak (*PCB*). Kemudahan integrasinya dengan sirkuit terpadu gelombang mikro monolitik (*MIC*) meningkatkan penerapannya dalam sistem komunikasi modern, menawarkan kinerja yang andal dan fleksibilitas desain (Bunga et al., 2024).

Antena Yagi adalah antenna yang sangat terarah yang dicirikan oleh elemen penggerak yang disertai dengan beberapa elemen parasit, seperti reflektor dan pengarah (Meor Said & Misran, 2021). Antena Yagi konvensional dicirikan oleh direktivitasnya yang tinggi dan penguatan yang ditingkatkan, namun, ukuran fisiknya yang relatif besar menimbulkan keterbatasan untuk aplikasi yang ringkas. Sebaliknya, antenna mikrostrip berukuran sangat kecil, sehingga cocok untuk diintegrasikan ke dalam sistem dengan keterbatasan ruang sekaligus menawarkan direktivitas sedang (Sreelakshmi et al., 2018). Maka tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah merancang antenna mikrostrip Yagi-Uda *array* 1x4 untuk *Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax)*, yang bekerja pada frekuensi 2,45 GHz.

2. Metode Penelitian

Bab ini akan membahas tentang metode yang digunakan saat merancang antenna mikrostrip Yagi-Uda yang bekerja pada frekuensi 2.45 GHz. Gambar 1 menunjukkan *flowchart* perancangan antenna. Langkah pertama adalah menentukan spesifikasi dari antenna yang akan kita buat, dan juga tipe material substrat *PCB* yang akan digunakan. Sebelum membuat antenna *array* 1x4, kita harus membuat antenna Yagi-Uda *single element* terlebih dahulu. Lalu menentukan parameter dengan melakukan perhitungan secara manual untuk menentukan dimensi *patch* dan *feeding* yang bekerja pada frekuensi kerja yang diinginkan. Lalu membuat model desain antenna di dalam software simulasi menggunakan dimensi yang sudah dicari sebelumnya dan menjalankan simulasi dengan desain yang ada. Setelah simulasi dilakukan selanjutnya akan dilakukan pengumpulan data parameter seperti *return loss*, *VSWR*, *gain*, dan pola radiasi. Jika parameter yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, akan dilakukan optimasi berulang kali hingga antenna dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.



Gambar 1. Flowchart Perancangan Antena

Spesifikasi yang dibutuhkan pada antena ini bisa dilihat pada Tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Spesifikasi Antena Mikrostrip

Parameter	Antenna Mikrostrip
Return loss	≤ -10 dB
VSWR	≤ 2
Gain	≥ 8 dBi
Frekuensi	2.45 GHz
Bandwidth	≥ 100 MHz

Pada penelitian ini bahan *PCB* yang digunakan untuk substrat adalah FR-4 dengan spesifikasi terlihat seperti Tabel 2 dibawah ini (Alam et al., 2020).

Tabel 2. Spesifikasi FR-4

Parameter	Nilai
Bahan Substrat	FR-4
Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	4.3
Ketebalan dielektrik (h)	1.6 mm

Selanjutnya untuk menentukan dimensi dari antena Yagi-Uda *single element* frekuensi 2.45 GHz, dilakukan perhitungan seperti berikut.

sesuai dengan persamaan antena yagi, panjang dari *driver* adalah $0.5 \lambda_g$ dan panjang dari *director* adalah $0.45 \lambda_g$ dimana ' λ_g ' adalah panjang gelombang efektif dari antena dan dapat dihitung dengan Pers. (1).

$$\lambda_g = \frac{C}{fr\sqrt{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Di mana C adalah kecepatan gelombang elektromagnetik ruang bebas, ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif dari substrat, fr adalah frekuensi resonansi antenna.

Untuk menghitung lebar *feeder* kita perlu menghitung impedansi saluran (B) terlebih dahulu dengan Pers. (2)

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

Baru kita bisa menghitung lebar *feeder* dengan Pers. (3).

$$Wf = \frac{2h}{\pi} \left[(B - 1 - \ln(2B - 1)) \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \ln(B - 1) + 0.39 + \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \quad (3)$$

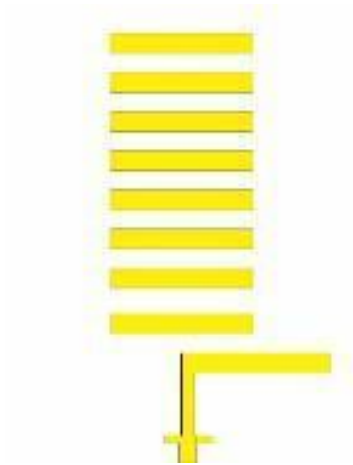
untuk menghitung panjang *feeder* kita bisa menggunakan Pers. (4).

$$Lf = \frac{\lambda_g}{4} \quad (4)$$

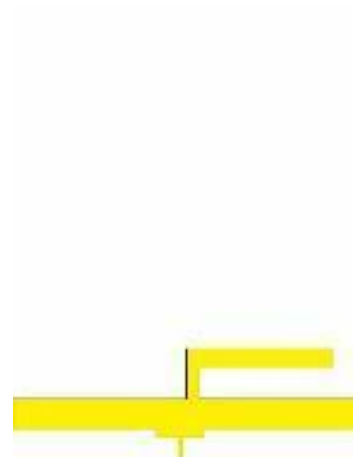
Kita bisa menghitung nilai dari setiap parameter dengan Pers. (1-4). karena hasil simulasi dari nilai yang didapat berdasarkan perhitungan belum sesuai dengan hasil yang diinginkan, maka dilakukan optimasi dan didapatkan nilai seperti pada tabel

Tabel 3 Spesifikasi Dimensi Antena

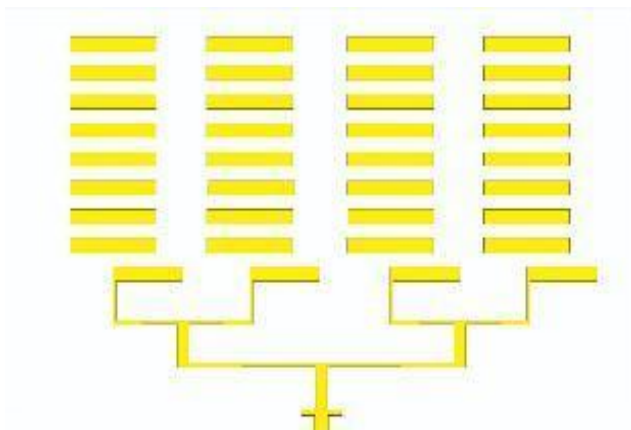
Parameter	Nilai (mm)
ws (Lebar Substrat)	90
ls (Panjang Substrat)	110
wdir (Lebar <i>Director</i>)	36.5
ldir (Panjang <i>Director</i>)	5
wd (Lebar <i>Driven</i>)	38
ld (Panjang <i>Driven</i>)	5
h (Tinggi Substrat)	1.6
t (Tinggi Patch)	0.035
lg (Panjang Ground)	8



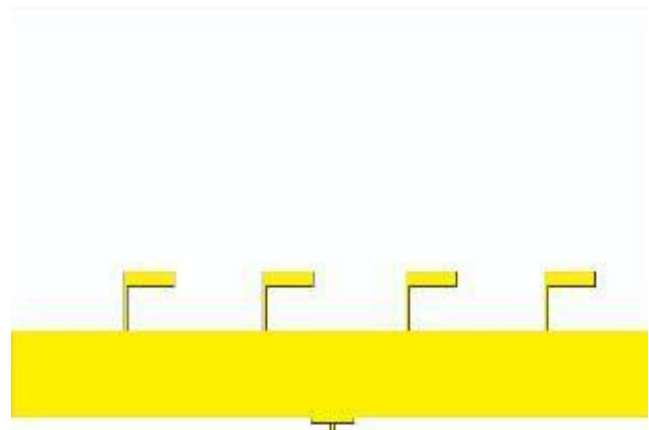
Gambar 2 Tampak Depan Yagi-Uda *Single Element*



Gambar 3 Tampak Belakang Yagi-Uda *Single Element*



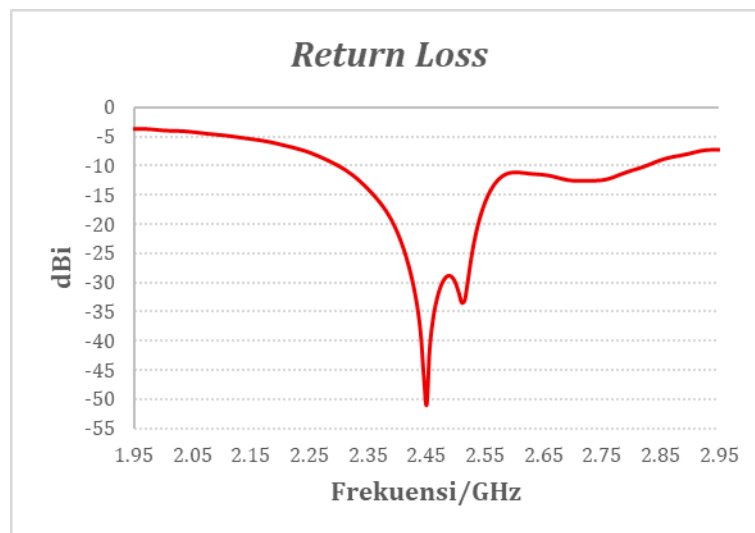
Gambar 4 Tampak Depan Yagi-Uda *Array 1x4*



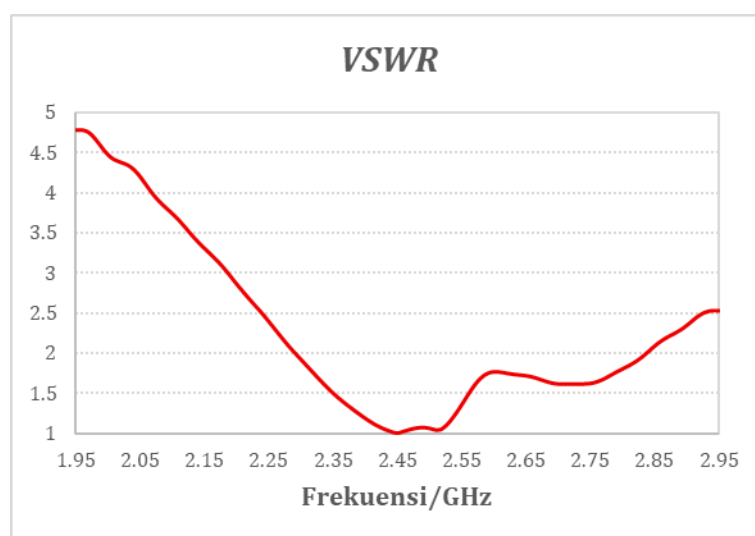
Gambar 5 Tampak Belakang Yagi-Uda *array 1x4*

Setelah mendapatkan parameter untuk *single element* yang sudah sesuai seperti yang bisa dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3, langkah selanjutnya adalah menyusun antena mikrostrip Yagi-Uda *array 1x4*, hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

3. Pembahasan

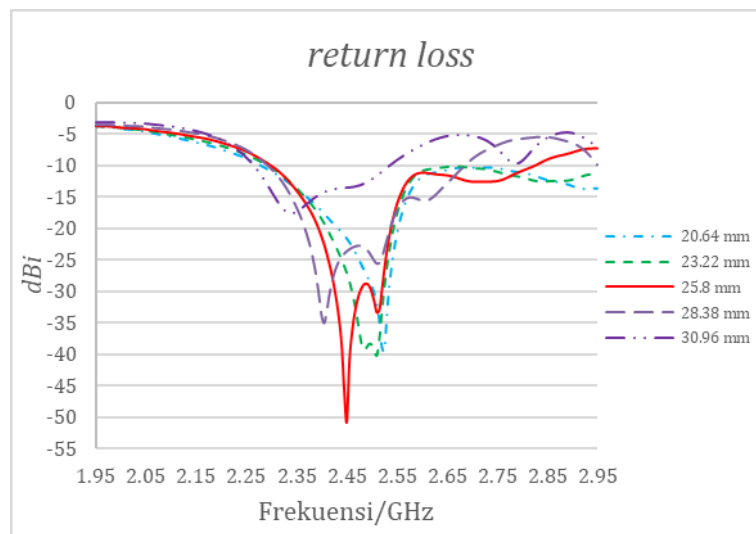


Gambar 6. Nilai Parameter *Return loss*



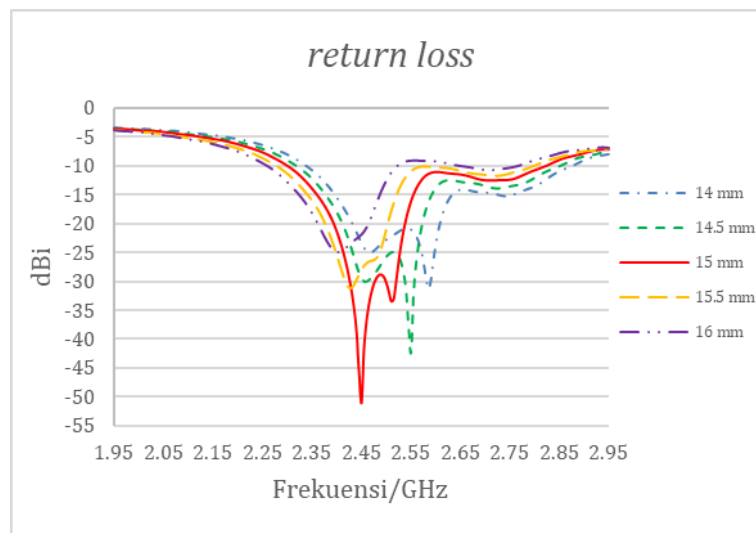
Gambar 7. Nilai Parameter VSWR

Gambar 7 merupakan hasil dari simulasi antenna microstrip Yagi-Uda array 1x4 menunjukkan bahwa nilai *return loss*/S11 adalah -50.895724dB. Hal ini menunjukkan cocoknya impedansi yang lebih baik, di mana lebih banyak daya yang dipancarkan sebagai gelombang elektromagnetik dan lebih sedikit yang dipantulkan kembali (Abdulhussein et al., 2021). Bandwidth yang dihasilkan berkisar pada 526.034 MHz, yang dimana hasil ini sudah melebihi dari target yang ingin dicapai yaitu nilai $S_{11} \leq -10$ dan Bandwidth ≥ 100 Mhz. Hasil dari *VSWR* menunjukkan bahwa nilai *VSWR*-nya adalah 1.0057212. yang dimana hasil ini sudah melebihi dari target yang ingin dicapai yaitu nilai $VSWR \leq 10$. Bila nilai $VSWR \leq 2$, berarti antenna dan saluran transmisi memiliki kecocokan impedansi dan antenna dapat bekerja dengan baik tanpa adanya gangguan (KÜÇÜKCAN & KAYA, 2022).



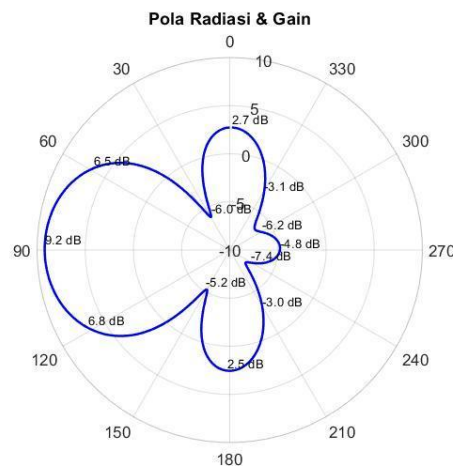
Gambar 8 Pengaruh Panjang *Director* Terhadap *return loss*

Gambar 8 menampilkan hasil simulasi kinerja *return loss* dari susunan antenna Yagi-Uda mikrostrip 1×4 sebagai fungsi panjang *director*, yang bervariasi antara 20,64 mm dan 30,96 mm. Hasilnya menunjukkan korelasi kuat antara panjang *director* dan *return loss* minimum yang dicapai dan frekuensi resonansi yang sesuai. Panjang *director* 25,8 mm menghasilkan *return loss* optimal, mendekati -50 dB pada sekitar 2,45 GHz. Ini menunjukkan tingkat pencocokan impedansi yang tinggi dan, akibatnya, transfer daya yang dimaksimalkan dalam pita 2,45 GHz yang diinginkan. Sebaliknya, penyimpangan dari panjang optimal ini, baik lebih pendek (20,64 mm dan 23,22 mm) atau lebih panjang (28,38 mm dan 30,96 mm), mengakibatkan kinerja *return loss* yang menurun dan pergeseran frekuensi resonansi dari frekuensi operasi target. Ini menandai peran penting optimalisasi panjang *director* dalam mencapai radiasi terarah yang efisien dan mempertahankan kinerja antenna yang optimal dalam pita frekuensi yang ditentukan.



Gambar 9. Pengaruh Panjang *Dipole* Terhadap *return loss*

Gambar 9 menampilkan pengaruh variasi panjang *dipole* pada karakteristik *return loss* antenna *array* mikrostrip Yagi-Uda 1×4 dalam pita frekuensi 1,95–2,95 GHz. Data yang ditampilkan menunjukkan korelasi kuat antara panjang *dipole* dan frekuensi resonansi serta pencocokan impedansi. Panjang *dipole* 15 mm menghasilkan *return loss* optimal, mencapai sekitar -50 dB pada 2,45 GHz, yang menunjukkan pencocokan impedansi yang sangat efisien pada frekuensi target 2,45 GHz. Sebaliknya, panjang *dipole* yang lebih pendek (14–14,5 mm) menghasilkan pergeseran ke atas frekuensi resonansi, sementara panjang yang lebih panjang (15,5–16 mm) menyebabkan pergeseran ke bawah, keduanya menunjukkan kinerja *return loss* yang lebih rendah dibandingkan dengan *dipole* 15 mm.



Gambar 10. Pola Radiasi dan *Gain* Antena Mikrostrip Yagi-Uda *Array* 1x4

Gain antenna merupakan rasio antara intensitas radiasi maksimum yang dihasilkan antenna dengan intensitas radiasi dari antenna referensi, dengan asumsi daya masuk yang sama. Semakin tinggi gain antenna, semakin fokus pula energi yang dipancarkan ke arah tertentu. Gain ini berkaitan secara invers dengan beamwidth, yaitu lebar sudut penyebaran sinyal; semakin sempit beamwidth, semakin tinggi gain yang diperoleh. Dengan demikian, antenna bergain tinggi mampu memberikan sinyal yang lebih terarah dan kuat pada titik target tertentu (Ruliyanta et al., 2024). Dari Gambar 10 dapat dilihat pola radiasi yang dihasilkan dari antenna Yagi-Uda *array* 1x4 cenderung *directional* dengan gain 9,2 dBi, yang dimana sesuai dengan hasil yang ingin dicapai yaitu *gain* ≥ 8 dBi.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan antenna *array* Yagi-Uda mikrostrip 1x4 yang dirancang untuk aplikasi Wi-Fi 6 2,45 GHz. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna tersebut memenuhi spesifikasi yang ditargetkan, dengan *return loss* (S11) sebesar -50,89 dB, bandwidth 526,03 MHz, dan VSWR 1,0057, yang menunjukkan pencocokan dan kinerja yang sangat baik. Antenna tersebut mencapai gain maksimum sebesar 9,2 dBi, yang menunjukkan pola radiasi terarah dan efisiensinya yang tinggi. Secara keseluruhan, antenna ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja jaringan Wi-Fi 6, yang mendukung komunikasi nirkabel berkecepatan tinggi.

Daftar Pustaka

- Abdulhussein, A. M., Khidhir, A. H., & Naser, A. A. (2021). Omnidirectional Microstrip Patch Antenna for 2.4 GHz Wireless Communications. *Journal of Physics: Conference Series*, 2114(1), 012051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2114/1/012051>
- Alam, S., Media Rizka, N., Surjati, I., Dewi Marlina, P., & Tjahjadi, G. (2020). Desain Antena Mikrostrip dengan Multi Band Frekuensi Menggunakan Metode Parasitik. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 19(01), 18–23.

- Bunga, M. R., Pollo, D. E. D. G., & Djahi, H. J. (2024). Perancangan Antena Microstrip Rectangular Array Untuk Wifi Pada Frekuensi 2.4 Ghz. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 35–39.
- Halliru, M., Babale, S., Lawan, S., Muhammad, S., Abubakar, A., Muhammad, S., Yusuf, S., Tiang, J., & Roslee, M. (2023). YAGI-UDA ANTENNA DESIGN AND MODELING FOR GAIN AND BANDWIDTH OPTIMIZATION FOR WIFI APPLICATIONS. *Nigerian Journal of Engineering*, 30(2), 43. <https://doi.org/10.5455/nje.2023.30.02.07>
- KÜÇÜKCAN, S., & KAYA, A. (2022). Dual-Band Microstrip Patch Antenna Design For Wi-Fi Applications. *European Journal of Science and Technology*, (34), 661-664. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1084147>
- Meor Said, M. A., & Misran, M. H. (2021). Design of Microstrip Yagi Antenna at 5 GHz for Wi-Fi Application. *Proceedings of Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology (MUCET)*.
- Ruliyanta, R., Nugroho, R., & Asyifa, D. (2024). Design of Rectangular Patch Array 2x4 Microstrip Antenna on C-Band for Weather Radar Applications. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, 16(1), 7–11. <https://doi.org/10.54554/jtec.2024.16.01.002>
- Silalahi, L. M., Budiyo, S., Silaban, F. A., Simanjuntak, I. U. V., Hendriasari, P. S., & Heryanto. (2020). Design of 2.4 GHz and 5.8 GHz Microstrip Antenna on Wi-Fi Network. *2020 2nd International Conference on Broadband Communications, Wireless Sensors and Powering, BCWSP 2020*, 6–11. <https://doi.org/10.1109/BCWSP50066.2020.9249450>
- Singh, R. K., & Mamta, K. (2024). A Compact Novel Quad Patch High Gain Triple Band Microstrip Antenna for 5G/6G mm Wave Applications. *Journal of Scientific Research*, 16(1), 187–199. <https://doi.org/10.3329/jsr.v16i1.66715>
- Sreelakshmi, K., Bora, P., Mudaliar, M., Dhanade, Y. B., & Madhav, B. T. P. (2018). Linear array Yagi-Uda 5G antenna for vehicular application. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(1.1), 513–517. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i1.1.10158>