

PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP TRISULA T-SLOT PADA PITA FREKUENSI 5,8 GHZ

Hana Kamila Adiningtyas^{1*}, Adhi Mahendra², Duta Widhya Sasmojo³

¹Politeknik Negeri Jakarta; Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Depok, Indonesia; 021-7270036

^{2,3} Universitas Pancasila; Jl. Lenteng Agung Raya No.56, Jakarta Selatan, Indonesia; 021-7270086

Keywords:

Microstrip antenna; Trident-shaped *patch*; T-slot; 5.8 GHz; Wireless communication; *Bandwidth enhancement*

Correspondent Email:

hana.kamila.adiningtyas@elektro.pnj.ac.id

Abstrak. Teknologi komunikasi nirkabel berbasis gelombang radio memungkinkan pertukaran informasi secara lebih efisien dalam hal biaya dan waktu. Antena merupakan salah satu komponen penting dalam sistem komunikasi nirkabel. Antena mikrostrip banyak digunakan karena dimensinya yang kecil, ringan, dan mudah difabrikasi, namun memiliki kelemahan berupa *bandwidth* yang sempit. Pada penelitian ini dirancang antena mikrostrip tipe trisula dengan T-slot untuk meningkatkan *bandwidth* pada pita frekuensi 5,8 GHz. Substrat yang digunakan adalah FR-4 Epoxy dengan konstanta dielektrik relatif 4,4 dan ketebalan 1,6 mm. Optimasi dimensi *patch* dan T-slot dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS HFSS. Hasil simulasi menunjukkan *bandwidth* sebesar 270 MHz, return loss $-30,39$ dB, VSWR 1,062, dan gain 4,8 dB dengan pola radiasi unidirectional. Hasil pengukuran menunjukkan *bandwidth* sebesar 389 MHz, return loss $-23,90$ dB, VSWR 1,136, dan gain 4,39 dB dengan pola radiasi yang juga bersifat unidirectional. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur trisula dan T-slot efektif meningkatkan *bandwidth* antena mikrostrip pada pita 5,8 GHz.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Wireless communication technology based on radio waves enables more efficient information exchange in terms of cost and time. An antenna is one of the most important components in wireless communication systems. Microstrip antennas are widely used due to their compact size, light weight, and ease of fabrication; however, they generally suffer from narrow bandwidth. In this study, a trident-shaped T-slot microstrip antenna is designed to enhance the bandwidth at the 5.8 GHz frequency band. The antenna is fabricated on an FR-4 epoxy substrate with a relative permittivity of 4.4 and a thickness of 1.6 mm. The dimensions of the patch and T-slot are optimized using ANSYS HFSS. The simulation results show a bandwidth of 270 MHz, a return loss of -30.39 dB, a VSWR of 1.062, and a gain of 4.8 dB with a unidirectional radiation pattern. The measurement results indicate a bandwidth of 389 MHz, a return loss of -23.90 dB, a VSWR of 1.136, and a gain of 4.39 dB, also with a unidirectional radiation pattern. These results demonstrate that the trident-shaped and T-slot structure effectively improves the bandwidth of the microstrip antenna operating at 5.8 GHz.

1. PENDAHULUAN

Pada sistem komunikasi nirkabel, antena mikrostrip banyak digunakan karena dimensinya yang kecil, ringan, serta mudah difabrikasi. Antena mikrostrip sangat sesuai untuk aplikasi Wi-Fi yang menuntut integrasi pada perangkat kompak dengan biaya rendah. Saat ini, Wi-Fi beroperasi pada tiga pita frekuensi utama, yaitu 2,4 GHz (2,400–2,4835

GHz), 5 GHz (5,150–5,875 GHz), dan 6 GHz (5,925–7,125 GHz) [1].

Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan standar Wi-Fi sebelumnya, khususnya dalam mendukung kecepatan data tinggi dan kepadatan pengguna yang besar. Standar ini mendukung teknologi seperti *uplink Multi-User MIMO* (MU-MIMO), *Orthogonal Frequency Division Multiple*

Access (OFDMA), dan modulasi 1024-QAM untuk meningkatkan efisiensi spektrum dan throughput jaringan [2]–[4]. Pita frekuensi 5,8 GHz menjadi salah satu pita penting pada sistem Wi-Fi karena mampu menyediakan *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan pita 2,4 GHz serta memiliki tingkat interferensi yang lebih rendah, sehingga cocok untuk aplikasi seperti *video streaming*, IoT, dan sistem komunikasi berkecepatan tinggi.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, antenna mikrostrip konvensional pada pita 5,8 GHz umumnya memiliki *bandwidth* yang relatif sempit, sehingga kurang optimal untuk mendukung sistem Wi-Fi modern yang memerlukan kestabilan koneksi dan toleransi terhadap pergeseran frekuensi. Oleh karena itu, diperlukan teknik peningkatan *bandwidth* tanpa memperbesar ukuran antenna secara signifikan.

Salah satu metode yang efektif untuk meningkatkan *bandwidth* adalah dengan memodifikasi struktur *patch* menggunakan celah (*slot*), seperti T-*slot* dan bentuk *patch* non-konvensional. Struktur slot dapat menciptakan resonansi tambahan yang memperlebar *bandwidth* dan memperbaiki karakteristik pencocokan impedansi.

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dirancang antenna mikrostrip berbentuk trisula dengan struktur T-*slot* yang bekerja pada pita frekuensi 5,8 GHz untuk aplikasi Wi-Fi. Parameter kinerja antenna yang dianalisis meliputi *bandwidth*, *return loss*, VSWR, *gain*, dan pola radiasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Antenna mikrostrip banyak digunakan pada sistem komunikasi nirkabel karena berprofil rendah (planar), ringan, mudah difabrikasi, dan mudah diintegrasikan dengan rangkaian RF pada PCB. Pada aplikasi WLAN/Wi-Fi modern, pita 5 GHz dan 6 GHz digunakan untuk menyediakan kanal yang lebih lebar dan mengurangi interferensi dibanding pita 2,4 GHz. Standar Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) ditujukan untuk meningkatkan efisiensi pada lingkungan padat pengguna dengan dukungan fitur seperti OFDMA dan MU-MIMO, sehingga kebutuhan antenna yang stabil pada pita 5 GHz (termasuk sekitar 5,8 GHz) menjadi semakin penting [5]–[7].

Pada sisi spektrum, pita 5,725–5,875 GHz dikenal luas sebagai salah satu pita ISM yang

juga dimanfaatkan untuk perangkat komunikasi nirlis (unlicensed) di berbagai regulasi/ketentuan. Konsekuensinya, perangkat pada band ini perlu ketahanan terhadap potensi interferensi dan toleransi pergeseran frekuensi, sehingga antenna yang memiliki pencocokan impedansi baik dalam rentang frekuensi yang memadai menjadi relevan [8], [9].

Meskipun memiliki keunggulan, antenna mikrostrip konvensional umumnya mengalami keterbatasan *bandwidth* impedansi yang relatif sempit. Berbagai teknik peningkatan *bandwidth* telah dikembangkan, termasuk perubahan geometri *patch*, teknik pencatutan, penggunaan struktur slot pada *patch*, dan rekayasa *ground* (misalnya DGS). Studi-studi terkini menunjukkan bahwa modifikasi geometri *patch* dan/atau *ground* dapat memperbaiki *return loss*/VSWR dan memperlebar *bandwidth* tanpa menambah kompleksitas fabrikasi secara berlebihan [10]–[13].

Teknik *slot* pada *patch* merupakan salah satu pendekatan populer karena dapat mengubah distribusi arus permukaan dan memunculkan resonansi tambahan yang berdekatan, sehingga memperlebar *bandwidth*. Variasi *slot* yang sering digunakan meliputi U-*slot*, E-*slot*, dan T-*slot*. Pada prinsipnya, slot bertindak sebagai “perpanjangan lintasan arus” yang menggeser/menambah mode resonansi dan membantu pencocokan impedansi pada rentang frekuensi yang lebih luas [12], [14].

Selain slot, *patch* bentuk tidak konvensional (misalnya *multi-arm* / bercabang) juga digunakan untuk memperbaiki kinerja *bandwidth* dan/ atau *gain*. Bentuk bercabang dapat meningkatkan panjang lintasan arus efektif tanpa memperbesar dimensi keseluruhan secara signifikan, sehingga berpotensi menurunkan Q dan memperlebar *bandwidth*. Konsep *patch* yang “bercabang” / *multi-arm* telah digunakan pada beberapa desain antenna untuk aplikasi WLAN/ISM, termasuk di sekitar 5,8 GHz [11], [12].

Penelitian-penelitian di jurnal nasional terakreditasi juga menunjukkan kecenderungan penggunaan modifikasi struktur untuk meningkatkan performa mikrostrip. Rahmadani (2024) menerapkan penambahan *slot* pada *patch* mikrostrip untuk mencapai kinerja *return loss* dan VSWR yang sesuai spesifikasi pada aplikasi penerima (*receiver*) [10]. Studi lain oleh Prasjo dan Wildan (2024) menunjukkan

bahwa optimasi dimensi *groundplane* dan elemen pencatu / *patch line* mempengaruhi *matching* impedansi serta pergeseran frekuensi resonansi, menegaskan pentingnya tahap optimasi geometri pada perancangan mikrostrip [11]. Selain itu, Vauzia dan Kirana (2024) menampilkan bahwa perubahan kondisi fisik dapat memengaruhi *return loss* dan *bandwidth*, sehingga aspek realisasi/pengukuran perlu dipertimbangkan sebagai sumber deviasi terhadap simulasi [12].

Berdasarkan kajian tersebut, kombinasi patch berbentuk trisula (*trident-shaped*) dan T-slot merupakan pendekatan yang logis untuk memperlebar *bandwidth* dan menstabilkan pencocokan impedansi pada pita 5,8 GHz. Dengan menggabungkan efek “*multi-arm*” (pemanjangan lintasan arus) dan efek slot (resonansi tambahan), diharapkan diperoleh performa *return loss* / VSWR yang baik pada rentang frekuensi kerja, serta karakteristik radiasi yang sesuai untuk aplikasi komunikasi nirkabel pada band 5,8 GHz [10]–[13], [15]–[17].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang terdiri dari perancangan, fabrikasi, dan pengujian antenna mikrostrip. Spesifikasi antenna mikrostrip dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Antena

Frekuensi	±5.8 GHz
<i>Return Loss</i>	≤10 dB
VSWR	1 < VSWR < 2
Pola	Unidirectional
Gain	>3 dB
<i>Bandwidth</i>	≥250 MHz
Substrat	FR-4 Epoxy

Antena mikrostrip trisula dengan T-slot dirancang pada frekuensi kerja 5,8 GHz dengan nilai *return loss* kurang dari -10 dB, nilai VSWR lebih dari 1 dan kurang dari 2, pola radiasinya unidirectional atau satu arah, nilai gain lebih dari 3 dB, nilai *bandwidth* cukup lebar sehingga dapat mendukung aplikasi komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi. Substrat yang digunakan pada perancangan antenna mikrostrip ini adalah FR-4 Epoxy.

Spesifikasi substrat yang digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip adalah seperti di Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Substrat

Jenis Substrat	FR4 – Epoxy Fiberglass
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4,4
Ketebalan bahan konduktor (t)	0,1 mm
Ketebalan lapisan dielektrik (h)	1,6 mm
Impedansi karakteristik saluran	50 Ω

3.1. Penentuan Panjang dan Lebar Patch

Perhitungan dimensi substrat antenna menggunakan persamaan (1)

$$Wg = W(patch) + 6(h) \quad (1)$$

Sehingga didapatkan lebar substrat (Wg) adalah 25,4 mm. Kemudian perhitungan panjang substrat antenna menggunakan persamaan (2)

$$Lg = L(patch) + 6(h) \quad (2)$$

Sehingga didapatkan panjang substrat (Lg) adalah 21,3 mm.

Perhitungan panjang dan lebar *patch* segiempat antenna menjadi dasar untuk perancangan antenna mikrostrip trisula. Berdasarkan persamaan (3) lebar *patch* antenna (W) adalah 15,8 mm.

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \quad (3)$$

Sedangkan panjang *patch* (L) antenna mikrostrip ditentukan dengan menghitung ΔL , L_{eff} , dan L pada persamaan (4), nilai (5), dan (6).

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.28) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (5)$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (6)$$

Sehingga didapatkan panjang *patch* nya adalah 11,7 mm.

3.2. Penentuan Panjang Gelombang

Nilai panjang gelombang ditentukan oleh persamaan (7) yaitu 51,7 mm.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (7)$$

3.3. Penentuan Panjang dan Lebar Saluran Mikrostrip

Perhitungan panjang saluran (l) dan lebar (w) saluran mikrostrip berdasarkan persamaan (8) sampai dengan persamaan (9). sehingga didapatkan panjang saluran mikrostrip (l) adalah 7,23 mm dan lebar saluran mikrostrip (w) adalah 2,045 mm.

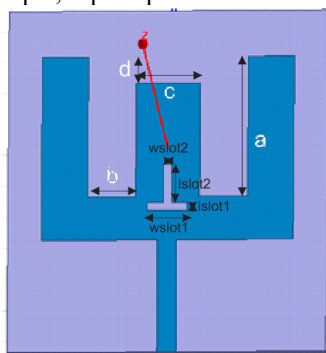
$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

$$\frac{w}{h} = \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \quad (9)$$

$$l = \frac{1}{4}\lambda_g \quad (10)$$

3.4. Penentuan Ukuran Slot

Setelah membuat *patch* segiempat, kemudian membuat bentuk trisula atau garpu menggunakan metode pemotongan pada *patch* menggunakan dua buah segiempat, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. *Patch* Trisula dengan T-Slot

Panjang slot dua segiempat (a) adalah 9 mm, lebar slot dua segiempat (b) adalah 4 mm. Sedangkan pada bagian tengah antenna mikrostrip trisula, ada pemotongan segiempat sebesar 1,4 mm (d). Ukuran lebar bagian tengah antenna mikrostrip (c) adalah 4 mm. dimensi c dan d disesuaikan dengan hasil optimasi saat simulasi agar hasil uji parameter sesuai dengan spesifikasi.

Dalam menentukan ukuran T-slot disesuaikan pada antenna mikrostrip trisula, menggunakan persamaan (8) dan.

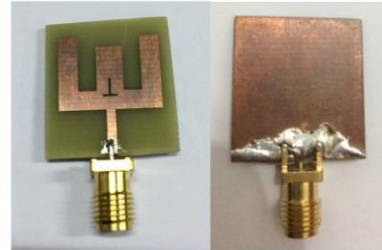
$$lslot1 = wslot2 = \frac{\lambda}{60} \quad (11)$$

$$\frac{lslot2}{w} \geq 0,3 \quad (12)$$

Panjang slot 1 adalah 0,86 mm dan lebarnya adalah 4,17 mm. Sedangkan panjang slot 2 adalah 4,74 mm dan lebarnya adalah 0,86 mm.

3.5. Realisasi Desain Antena Mikrostrip

Realisasi desain antenna mikrostrip diawali dengan mencetak hasil rancangan pada *software* ANSYS HFSS ke PCB *double layer*. Kemudian, pemasangan konektor SMA dan pengukuran antenna mikrostrip dilakukan di LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia). Hasil realisasi desainnya ada pada Gambar xx.



Gambar 2. Realisasi Desain Antena Mikrostrip *Patch* (kiri) dan *Ground* (kanan)

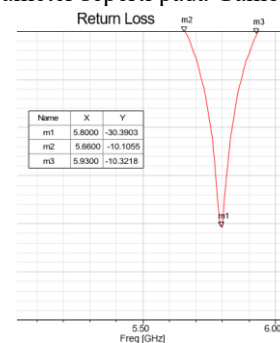
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi kinerja antenna mikrostrip dilakukan dalam dua tahap, yaitu analisis berbasis simulasi menggunakan ANSYS HFSS dan pengukuran antenna mikrostrip.

4.1. Hasil Simulasi

Simulasi perancangan antenna mikrostrip menggunakan *software* ANSYS HFSS bertujuan untuk mengetahui sesuai atau tidak nya hasil output parameter, seperti *return loss*, VSWR, dan *gain* dengan yang diinginkan. Sehingga hasil pengukuran antenna mikrostrip setelah realisasi desain juga sesuai dengan hasil simulasi.

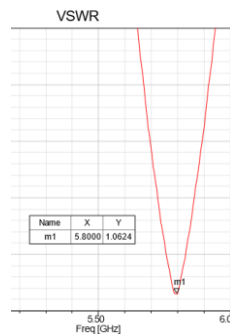
Hasil simulasi *bandwidth* dapat dilihat pada grafik S parameter seperti pada Gambar xx.



Gambar xx. Hasil Simulasi *Bandwidth*

Berdasarkan hasil simulasi, antenna menunjukkan rentang frekuensi f_{low} hingga f_{high} dengan *bandwidth* sebesar 270 MHz di sekitar frekuensi tengah 5,8 GHz. Hal ini menunjukkan bahwa antenna memiliki karakteristik wideband dan mampu bekerja dengan baik pada pita frekuensi 5,8 GHz.

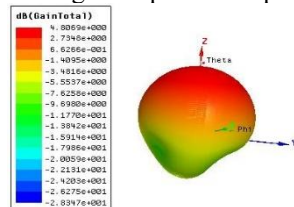
Hasil simulasi VSWR dapat dilihat pada Gambar xx.



Gambar 3. Hasil Simulasi VSWR

Berdasarkan grafik pada Gambar 3, nilai VSWR sudah mencapai yang diinginkan, yaitu diatas 1 dan kurang dari 2. Nilai VSWR nya adalah 1,0624 dB, yang berarti gelombang yang terinterferensi sedikit dan antenna bekerja dengan baik.

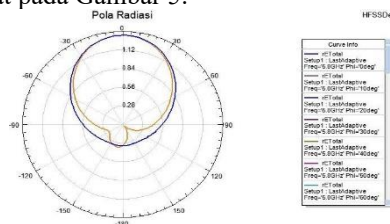
Hasil simulasi gain dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Simulasi untuk Gain

Berdasarkan hasil simulasi, nilai gain yang didapat adalah 4,8 dB. Hasil tersebut sudah mencapai dari yang diinginkan, yaitu lebih dari 3 dB. Dari nilai tersebut, berarti antenna mikrostrip trisula dapat menerima daya sebesar 4,8 dB pada arah tertentu.

Kemudian, hasil simulasi pola radiasi dapat dilihat pada Gambar 5.



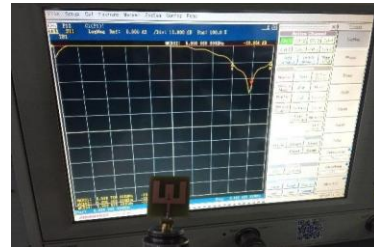
Gambar 5. Hasil Simulasi Pola Radiasi

Berdasarkan Gambar 5, hasil pola radiasi nya adalah bentuk *unidirectional* dengan *main lobe* mengarah ke sudut 0° dan *minor lobe* mengarah ke sudut 180°.

4.2. Hasil Pengukuran Antena Mikrostrip

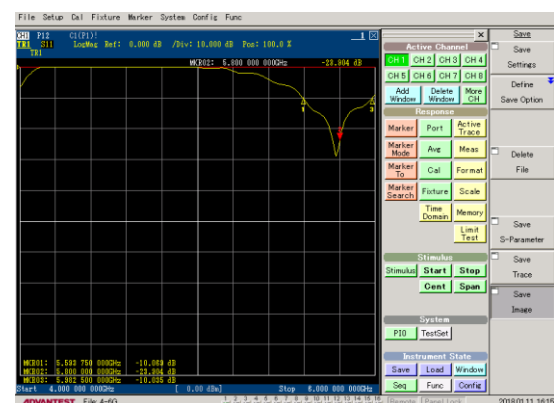
Pengukuran antenna mikrostrip yang sudah direalisasi desain dilakukan di LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia). Terdapat dua tahapan pengukuran, yaitu pengukuran return loss dan VSWR yang dilakukan di dalam laboratorium. Kedua pengukuran pola radiasi dan gain yang dilakukan di ruangan anechoic chamber.

Pengukuran antenna mikrostrip menggunakan alat VNA (*Vector Network Analyzer*) seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. VNA terhubung dengan antenna mikrostrip

Pengukuran *bandwidth* pada antenna mikrostrip berdasarkan hasil return loss pada Gambar 7 yang menunjukkan frekuensi terendah, frekuensi kerja, dan frekuensi tertinggi. Pada pengukuran, didapatkan nilai frekuensi terendah adalah 5,593 GHz dan frekuensi tertinggi 5,982 GHz. Sehingga nilai *bandwidth* pada saat pengukuran adalah 389 MHz. Jika dibandingkan dengan simulasi, hasil pengukuran untuk *bandwidth* nya lebih baik karena lebih presisi.

Gambar 7. Hasil Pengukuran *Bandwidth* dan *Return Loss* pada VNA

Berdasarkan Gambar 7, hasil pengukuran *return loss* nya adalah:

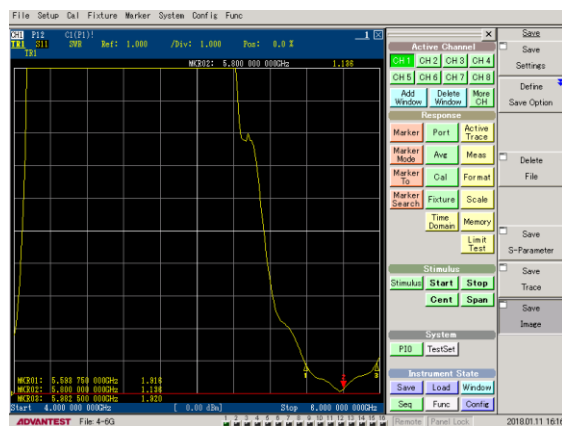
Tabel 3. Hasil Pengukuran *Return Loss*

Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)
5,593	-10,069
5,800	-23,904
5,982	-10,035

Pada Tabel 3 hasil pengukuran antenna mikrostrip untuk return loss sudah mencapai yang diinginkan, yaitu <-10 dB namun berbeda dengan hasil simulasi, yaitu -30,390 dB. Perbedaan terjadi karena beberapa faktor seperti, realisasi desain dimensi pada PCB yang tidak sesuai simulasi, hasil penyolderan

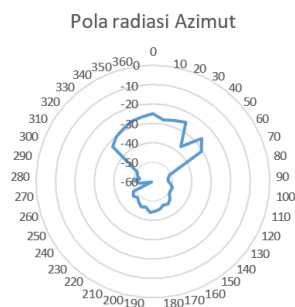
konektor dengan PCB, terdapat gangguan pada saat pengukuran antenna secara langsung, sehingga menyebabkan adanya daya yang hilang pada proses transmisi antenna.

Berikutnya adalah pengukuran VSWR antenna dengan VNA. Berdasarkan Gambar 8, nilai VSWR pada frekuensi 5,8 GHz yang ditunjukkan oleh panah merah adalah 1,136. Sedangkan pada frekuensi 5,593 GHz, nilai VSWR nya 1,916 dan pada frekuensi 5,982 GHz, nilai VSWR nya 1,920. Berarti, nilai VSWR sudah mencapai yang diinginkan pada frekuensi 5,8 GHz yaitu $1 < 1,136 < 2$. Namun, nilai VSWR saat pengukuran berbeda dengan hasil simulasi. Pada saat simulasi, nilai VSWR yang didapat adalah 1,0624, berarti terdapat selisih 0,0736. Perbedaan nilai tersebut karena adanya impedansi pada beban yang tidak sesuai sehingga terjadi interferensi gelombang.



Gambar 8. Hasil Pengukuran VSWR pada VNA

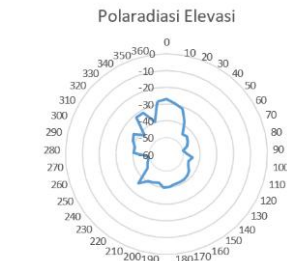
Kemudian pengukuran gain, polaradiasi, dan polarisasi menggunakan *signal generator* sebagai Tx atau pemancar dan *spectrum analyzer* sebagai Rx atau penerima. Gambar 9 menunjukkan hasil pengukuran pola radiasi antenna mikrostrip yang diputar setiap 10° . Hasil pengukuran tersebut merupakan data level daya kuat pancar sinar dari antenna mikrostrip Trisula dengan T-Slot.



Gambar 9. Grafik Pengukuran Pola Radiasi Azimut

Berdasarkan grafik pada Gambar 9, bentuk pola radiasinya Adalah *unidirectional* sama dengan *main lobe* mengarah pada sudut 0° .

Selanjutnya bentuk pola radiasinya Adalah *unidirectional* sama dengan *main lobe* mengarah pada sudut 0° seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Pengukuran Pola Radiasi Elevasi

Kemudian pengukuran *gain* pada antenna mikrostrip menggunakan dua mode, yaitu tanpa penghalang dan dengan penghalang. Tabel 4. menunjukkan hasil *gain* tanpa penghalang.

Tabel 4. Hasil Pengukuran *Gain* tanpa Penghalang

Level Daya (P)	Hasil Pengukuran (dB)
P1 (Rx)	-44,74
P2 (Tx)	-37.13

Nilai *gain* memiliki selisih 0,41 dB dengan hasil simulasi karena beberapa faktor, seperti proses realisasi desain antenna yang kurang baik, adanya attenuasi pada attenuator di ruang bebas yang diserap oleh benda-benda yang berada di ruangan, adanya gelombang pantul yang cukup besar berasal dari benda-benda sekitar pengukuran, dan pengaturan posisi antenna pada saat pengukuran. Pengukuran *gain* antenna mikrostrip dengan penghalang dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 5. Hasil Pengukuran *Gain* dengan Penghalang

Level Daya (P)	Hasil Pengukuran (dB)
P1 (Rx)	-45,57
P2 (Tx)	-37.15

Berdasarkan Tabel 5, level daya yang diterima (Rx) semakin kecil karena ada nya penghalang di antara antenna pemancar dan penerima. Sehingga nilai *gain* yang didapat adalah 3,58 dB.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran, berikut kesimpulan dari perancangan antenna mikrostrip trisula dengan T-slot :

- a. Antena mikrostrip trisula dengan T-slot dapat bekerja pada frekuensi 5,8 GHz.
- b. Nilai *bandwidth* yang didapat saat simulasi adalah 270 MHz, dan saat pengukuran didapatkan nilai *bandwidth* adalah 389 MHz. Nilai *bandwidth* yang didapat sudah sesuai spesifikasi awal, yaitu ≥ 250 MHz.
- c. Nilai *return loss* saat simulasi terhadap frekuensi kerja 5,8 GHz adalah -30,3903 dB, sedangkan saat pengukuran adalah -30,390 dB. Nilai tersebut sudah sesuai dengan yang diharapkan, yaitu kurang dari -10 dB.
- d. Untuk parameter VSWR, nilai yang didapatkan saat simulasi adalah 1,0624 dB, sedangkan saat pengukuran adalah 1,136 dB. Nilai tersebut sudah memenuhi spesifikasi antena yang dirancang karena nilai diatas 1 dan kurang dari 2.
- e. Berdasarkan hasil simulasi *gain*, nilai yang didapat adalah 4,8 dB dan saat pengukuran, nilai *gain* nya adalah 4,39 dB. Hasil tersebut sudah mencapai dari yang diinginkan, yaitu lebih dari 3 dB.
- f. Hasil simulasi dan pengukuran untuk pola radiasi antena mikrostrip adalah bentuk *unidirectional* dengan *main lobe* mengarah ke sudut 0° .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), saat ini Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), atas fasilitas laboratorium dan ruang anekoik yang digunakan dalam proses pengukuran antena. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jakarta dan Universitas Pancasila atas dukungan fasilitas dan kolaborasi akademik dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Jacinto Cipriano and Z. Fitri Yuli, "Design and Development of an L-shaped Rectangular Microstrip Patch Antenna With Slot for Wi-Fi 6E Applications," In: IJECBE, 2,4. 2024. pp. 477-488.
- [2] E. Mozaffariahrar and F. Theoleyre. "A Survey of Wi-Fi 6: Technologies, Advances, and Challenges". In: (2022), pp. 1–5.
- [3] J. J. Percy et al. "Wideband Printed Monopole Antenna for Wi-Fi 6E Devices with Broadband Matching Network". In: IEEE Access 4.3 (2021), pp.309–314. DOI: 10.1109/WiSPNET51692.2021. 9419462.
- [4] S. Noghianian. "Dual-Band Wearable MIMO Antenna for Wi-Fi Sensing Applications". In: Sensors 22.23 (2022). DOI: 10.3390/s22239257.
- [5] U. Salah, M. Md, and H.Mahmudul, "Design of Ultra-Wideband (UWB) Microstrip Patch". ICJK Transactions on Mobile and Wireless Intelligence. Vol. 1, no, 1, 2025.
- [6] Cisco, "IEEE 802.11ax: The Sixth Generation of Wi-Fi White Paper," 2021.
- [7] Cisco Meraki, "Wi-Fi 6 (802.11ax) Technical Guide," 2025.
- [8] AFAR Communications, "FCC Rules for Unlicensed Wireless Equipment operating in the ISM bands," (memuat 5.725–5.875 GHz), n.d.
- [9] CEPT/ECC, dokumen harmonisasi band ISM (footnote RR 806 untuk 5.725–5.875 GHz), n.d.
- [10] E.T. Rahmadani, "Rancangan Antena Mikrostrip Patch Heksagonal atau Segi Enam dan Penambahan Slot sebagai Penerima ADS-B pada Frekuensi 1090 MHz," *JITET*, vol. 12, no. 3S1, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3S1.5159.
- [11] M. A. Prasojo and M. Wildan, "Studi Pengaruh Perubahan Dimensi Groundplane dan Panjang Line pada Antena Mikrostrip Meander Line Frekuensi 332 MHz," *JITET*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4329.
- [12] F. Vauzia and N. W. Kirana, "Pengaruh Bending pada Antenna Mikrostrip Fleksibel untuk Aplikasi IoT," *JITET*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4880.
- [13] P. A. Kashyap et al., "Gain and bandwidth enhancement of slotted microstrip antenna ... for WLAN applications," 2023.
- [14] M. T. Guneser et al., "Efficient 5.8 GHz Microstrip Antennas ...," *Mathematics*, vol. 12, art. 1202, 2024, doi: 10.3390/math12081202.
- [15] M. N. Hasan et al., "Gain enhanced 5.8 GHz patch antenna with defected ground structure (DGS)," *TELKOMNIKA*, 2025.
- [16] Zulkifli, Fitri Yuli dan Muhamad Wahyu Iqbal. "Bandwidth and Gain Enhancement of Microstrip Leaky-Wave Antennas with Slot and Defected Ground Structure". IRCS-ITB, 2023.
- [17] Nursetyo, Nisrina Hana et al., "Desain dan Simulasi Antena Mikrostrip MIMO Dual-Band Menggunakan Multislot untuk Aplikasi Wi-Fi". Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Volume 11 Tahun 2025.