

Efek Slot Pada Antena Mikrostrip Hexangular Dual Band Dengan Antena Awal 2.4 Ghz

Almas Shafwan^{1*}, Sovian Aritonang¹, Riri Murniati¹

¹)Department of Chemistry, Faculty of Military Mathematics and Natural Sciences, Universitas Pertahanan Republik Indonesia (Unhan RI), Bogor 16810, Indonesia

*Email: ¹)Almas.Shafwan@mipa.idu.ac.id, soviaan.aritonang@idu.ac.id, ririmurniati90@gmail.com

ABSTRACT

Microstrip antennas play a crucial role in modern communication technology, with their performance dependent on shape and size. This study explores the impact of adding slots to hexagonal microstrip antenna radiation areas. The hexagonal shape was chosen due to its underexplored potential for slot additions. Slots act as elements influencing antenna radiation performance and altering characteristics. The research investigates the effects of various slot shapes and sizes (each with an area of 4 mm²) on hexagonal microstrip antennas at the initial frequency of 2.4 GHz. The importance of this study lies in the selected initial frequency, aligning with the micro-wave spectrum commonly used in wireless communication, radar, and telecommunications equipment. The hexagonal microstrip antenna, popular for its compact and efficient design, is relevant to modern communication devices.

Keywords: Microstrip Antenna, Slot, Frequency, Bandwidth, Gain

PENDAHULUAN

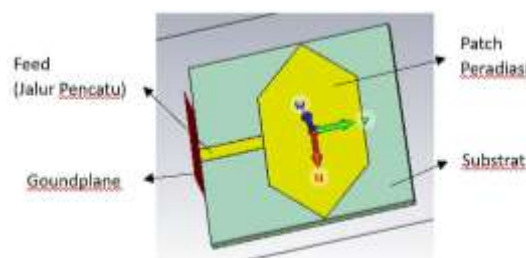
Antena mikrostrip memainkan peran penting dalam teknologi komunikasi modern, dan kerjanya sangat bergantung pada bentuk dan ukurannya. Dalam dunia antena, antena mikrostrip telah menjadi salah satu opsi yang sangat diminati. Berbagai bentuk dan ukuran telah dikembangkan untuk antena mikrostrip, sehingga menghasilkan kinerja antena yang berbeda [1]. Eksperimen yang menarik adalah menambahkan celah pada area radiasi antena mikrostrip heksagonal. Keputusan untuk menggunakan segi enam sebagai objek penelitian dipilih karena penelitian sebelumnya jarang mencoba mengeksplorasi penambahan lokasi di antara sel – sel heksagonal.

Slot antena mikrostrip berperan sebagai elemen yang mempengaruhi kinerja radiasi antena dan mengubah karakteristiknya. Penelitian ini akan mengetahui pengaruh slot tersebut pada antena mikrostrip heksagonal dengan memperhatikan variasi bentuk dan ukuran slot, setiap slot mempunyai luas 10 mm². Pentingnya penelitian ini juga ditunjukkan dalam pemilihan frekuensi awal, khususnya 2.4 GHz, yang berada dalam spektrum gelombang mikro. Rentang frekuensi 2 GHz hingga 4 GHz pada gelombang mikro digunakan dalam berbagai aplikasi seperti komunikasi nirkabel, radar, dan peralatan telekomunikasi, sehingga sangat cocok dengan perkembangan teknologi komunikasi dan pengawasan saat ini[2][3]. Oleh karena itu, penelitian tentang antena mikrostrip dengan slot heksagonal dapat memberikan kontribusi penting dalam memahami dan meningkatkan performa antena mikrostrip.

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik system fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang[4]. Antena mikrostrip pertama kali muncul pada dekade 1950-an, namun perkembangan seriusnya baru dimulai pada tahun 1970[5]. Dalam beberapa dekade terakhir, peneliti semakin menyadari bahwa performa antena mikrostrip sangat dipengaruhi oleh konfigurasi fisiknya. Saat ini, antena mikrostrip telah menjadi salah satu opsi yang paling diminati. Keberpopuleritasan antena ini terutama disebabkan oleh kesesuaiannya dengan perangkat telekomunikasi modern yang sangat memperhatikan aspek bentuk dan ukuran. Antena mikrostrip merupakan pilihan yang sangat

relevan dalam dunia komunikasi modern karena mampu memenuhi tuntutan desain yang kompak dan efisien.

Dual band merujuk pada kemampuan sebuah antena atau perangkat komunikasi untuk beroperasi pada dua frekuensi yang berbeda. Hal ini memberikan fleksibilitas tambahan dan dapat meningkatkan kinerja sistem komunikasi nirkabel. Dalam konteks antena mikrostrip dual band, fokus utama adalah menciptakan struktur yang dapat menanggapi dua frekuensi tertentu dengan efisiensi yang tinggi[6][7]. Antena dual band memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi pada dua frekuensi yang berbeda. Ini dapat berguna dalam situasi di mana saluran frekuensi tertentu sibuk atau terganggu, sehingga perangkat dapat beralih ke frekuensi lain untuk menjaga konektivitas. Dengan kemampuan dual band, perangkat dapat diintegrasikan ke dalam jaringan yang mendukung dua frekuensi, meningkatkan kapasitas dan efisiensi komunikasi. Dalam beberapa kasus, antena dual band dapat dirancang untuk mengurangi gangguan dari sumber-sumber frekuensi lain, meningkatkan kualitas sinyal dan mengurangi kemungkinan interferensi. Antena dual band dapat memberikan kinerja yang lebih baik pada kedua frekuensi, dibandingkan dengan menggunakan dua antena terpisah untuk masing-masing frekuensi.



Gambar 1. Bagian Antena Mikrostrip

Antena Mikrostrip memiliki struktur tiga lapisan yang terlihat pada Gambar 1, terdiri dari komponen berikut:

- Patch: Patch adalah bagian paling atas dari antena yang terbuat dari bahan konduktor. Patch berperan dalam memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara dan dapat memiliki berbagai bentuk, seperti lingkaran, persegi panjang, atau segitiga.
- Substrat: Berfungsi sebagai medium penghantar gelombang elektromagnetik dari sistem pencatuan. Karakteristik substrat memiliki dampak signifikan pada parameter antena, termasuk bandwidth, yang dapat diatur melalui ketebalan substrat.
- Groundplane: Lapisan terbawah ini bertindak sebagai reflektor, memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.
- Feed: Merupakan saluran penghubung dari sistem pencatuan ke patch peradiasi, yang memungkinkan antena berfungsi dengan baik.

Frekuensi mikro merujuk pada kisaran frekuensi gelombang elektromagnetik yang berada dalam spektrum mikro. Rentang frekuensi ini terletak antara 300 MHz hingga 300 GHz. Frekuensi mikro digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk komunikasi nirkabel, radar, dan peralatan telekomunikasi. Kemampuan untuk beroperasi pada frekuensi mikro sangat penting dalam menghadapi perkembangan teknologi komunikasi modern[8].

Bandwidth, atau lebar pita, adalah kisaran frekuensi di mana antena dapat beroperasi secara efektif. Hal ini mengukur sejauh mana antena mampu menerima atau mengirim sinyal dalam spektrum frekuensi tertentu. Bandwidth yang lebih lebar memungkinkan antena untuk mengakomodasi berbagai sinyal dengan frekuensi yang berbeda, sedangkan bandwidth yang lebih sempit membuat antena lebih selektif dalam menerima atau mengirim sinyal pada frekuensi tertentu.

Gain adalah parameter yang mengukur kemampuan antena untuk mengarahkan dan memusatkan daya sinyal dalam suatu arah[9]. Semakin tinggi gain, semakin kuat daya yang dipancarkan atau diterima oleh antena dalam arah yang diinginkan. Gain adalah salah satu

parameter penting dalam menentukan jarak cakupan antenna dan kualitas sinyal yang diterima atau dikirim.

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR), VSWR adalah parameter yang mengukur sejauh mana antenna mampu mencocokkan impedansinya dengan sumber daya dan sistem yang terhubung[10]. Nilai VSWR yang tinggi mengindikasikan adanya refleksi energi, yang berarti sebagian besar daya yang seharusnya ditransmisikan dari pemancar ke sistem atau perangkat lain justru dipantulkan kembali. VSWR yang tinggi mengindikasikan rendahnya efisiensi transmisi dan dapat mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan.

Sebelum mengevaluasi dimensi elemen peradiasi, langkah awal yang perlu dilakukan adalah menentukan frekuensi resonansi (f_r) yang akan digunakan. Selain itu, nilai kecepatan cahaya dalam ruang bebas (c) yang dinyatakan sebagai 3×10^8 m/s. Dengan menggunakan persamaan (1)

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

Dengan λ_0 yang mewakili Panjang Gelombang dalam milimeter, c sebagai Kecepatan cahaya dalam meter per detik, dan f_r adalah Frekuensi dalam Hertz, panjang gelombang dalam saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$\lambda_0 = \frac{\lambda_d}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

Dengan λ_0 yang mencerminkan panjang gelombang dalam milimeter, ϵ_r sebagai konstanta relatif, dan λ_d sebagai panjang gelombang saluran, dimensi antenna mikrostrip dapat ditentukan menggunakan beberapa persamaan sebagaimana tertera pada persamaan dibawah [5].

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) \right] + 1.7726 \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (4)$$

$$a_e = a \left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) \right] + 1.7726 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Menggunakan a_e sebagai radius efektif, a sebagai panjang sisi dalam milimeter, h sebagai ketebalan substrate dalam milimeter, dan ϵ_r sebagai konstanta relatif, dimensi saluran transmisi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) sebagaimana tercantum dalam [4].

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

Dengan B yang merupakan impedansi pada saluran, ϵ_r sebagai konstanta relatif, dan Z_0 sebagai impedansi saluran pencatu, lebar saluran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (1.7) sebagaimana dijelaskan dalam [6].

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (7)$$

Dengan W yang merupakan lebar saluran pencatu, B sebagai besar impedansi pada saluran, dan ϵ_r sebagai konstanta relatif, panjang dari saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1.8).

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (8)$$

Dengan L sebagai panjang saluran pencatu dan λ_d sebagai panjang gelombang saluran, groundplane dapat ditentukan menggunakan persamaan (1.9) dan (1.10) sebagaimana dinyatakan di atas.

$$L_g = 6h + R \quad (9)$$

Dengan L_g yang merupakan panjang groundplane, h sebagai ketebalan substrate, dan R sebagai sisi patch.

$$W_g = 6h + \pi 2^{-1} \quad (10)$$

W_g adalah lebar groundplane, dan h adalah ketebalan substrate.

Slot dalam konteks antena mikrostrip merupakan alternatif untuk membentuk fungsi elemen peradiasi. Struktur antena mikrostrip terdiri dari dua konduktor yang tercetak di atas substrat. Elemen peradiasi dapat diaktifkan melalui berbagai saluran, seperti transmisi koaksial, mikrostrip, atau melalui kopling elektromagnetik. Dalam konteks antena mikrostrip, istilah "slot" merujuk pada potongan yang dipotong melalui bidang tanah dengan saluran mikrostrip, sehingga slot tersebut sejajar dengan konduktor pada saluran mikrostrip. Dalam rancangan penelitian ini, penggunaan berbagai bentuk slot, seperti segitiga terbalik, persegi, segitiga, belah ketupat, dan lingkaran, adalah suatu langkah penting untuk memahami dampak perubahan geometri slot pada antena mikrostrip berbentuk heksagonal. Hal ini dikarenakan bentuk slot memiliki peran yang signifikan dalam membentuk fungsi elemen peradiasi dan karakteristik kinerja antena secara keseluruhan.

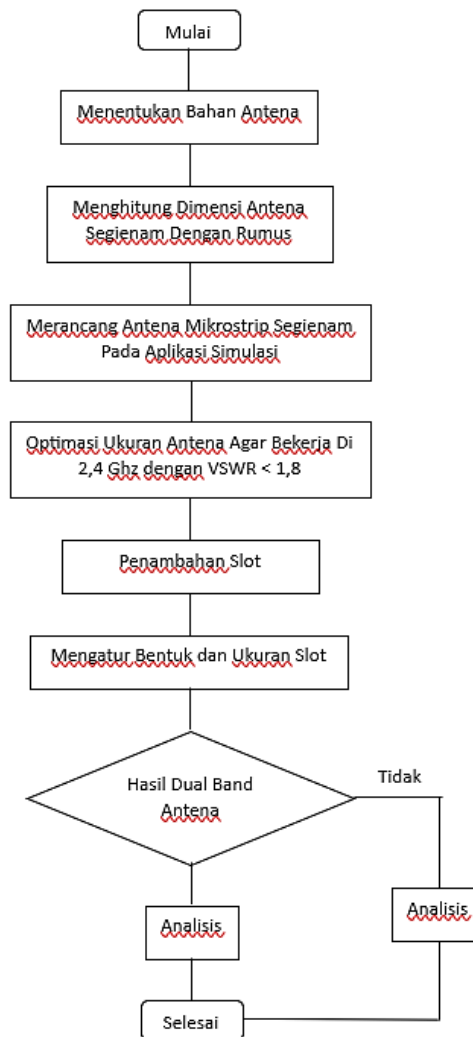
Pengujian berbagai bentuk slot bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan kinerja antena mikrostrip dengan setiap bentuk slot yang berbeda. Masing-masing bentuk slot mungkin memiliki efek yang berbeda pada parameter-parameter antena, seperti VSWR, bandwidth, dan gain. Pengujian ini akan membantu peneliti untuk menentukan apakah ada bentuk slot tertentu yang lebih baik dalam meningkatkan kinerja antena atau memenuhi kebutuhan aplikasi tertentu.

Selain itu, dengan menguji berbagai bentuk slot, penelitian ini juga dapat memberikan wawasan tentang fleksibilitas desain antena. Berbagai bentuk slot ini memungkinkan perancang antena untuk menyesuaikan antena dengan berbagai frekuensi atau aplikasi yang berbeda.

METODE PENELITIAN

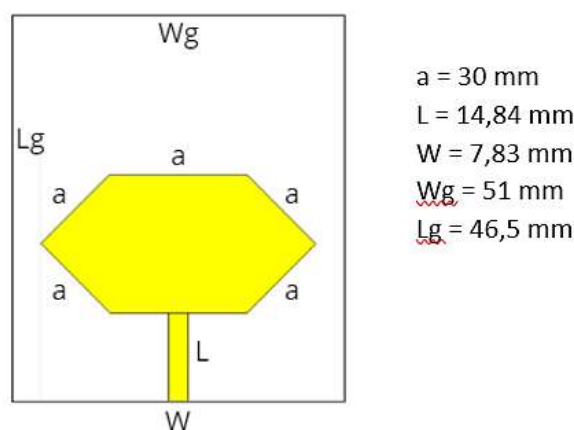
Dalam kerangka penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. Pengumpulan data dilakukan melalui pengambilan sampel, yang kemudian diproses dengan mengukur sejumlah variabel yang relevan. Selanjutnya, data ini dianalisis menggunakan aplikasi CST Studio, yang membantu dalam memahami dan mengevaluasi hasil penelitian. Pendekatan kuantitatif ini memberikan keunggulan dalam memungkinkan pengumpulan data yang kuantitatif dan pengolahan data yang objektif untuk mendukung temuan penelitian.

Untuk melihat bagaimana penambahan slot memengaruhi perancangan antena mikrostrip, dapat merujuk pada Diagram Alur pada Gambar 2. Proses desain antena dimulai dengan pengidentifikasian bahan yang akan digunakan serta menentukan frekuensi kerja yang diinginkan. Selanjutnya, simulasi dilakukan dengan penambahan berbagai slot pada antenna patch hexagonal yang telah dihasilkan melalui optimasi.



Gambar 2. Diagram Blok

Penentuan bahan yang digunakan dalam perancangan antenna memiliki dampak yang signifikan pada dimensi keseluruhan antenna. Dalam proyek perancangan ini, peneliti memutuskan untuk menggunakan bahan dasar FR-4 dengan konstanta dielektrik sebesar 2,6, substrat dengan ketebalan 1,6 mm, dan konduktor dengan ketebalan 0,035 mm. Dalam proses perancangan ini, praktikan akan mengembangkan antenna mikrostrip yang memiliki patch berbentuk heksagonal dan berfungsi pada frekuensi 2,4 GHz. Dimensi antenna yang diperoleh dihitung dengan menggunakan rumus, sebagaimana yang dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Perhitungan Antena

Dalam proses perancangan ini, praktikan merancang sebuah antenna mikrostrip dengan patch berbentuk heksagonal. Operasi yang diinginkan sesuai dengan yang tercantum dalam Tabel 1.

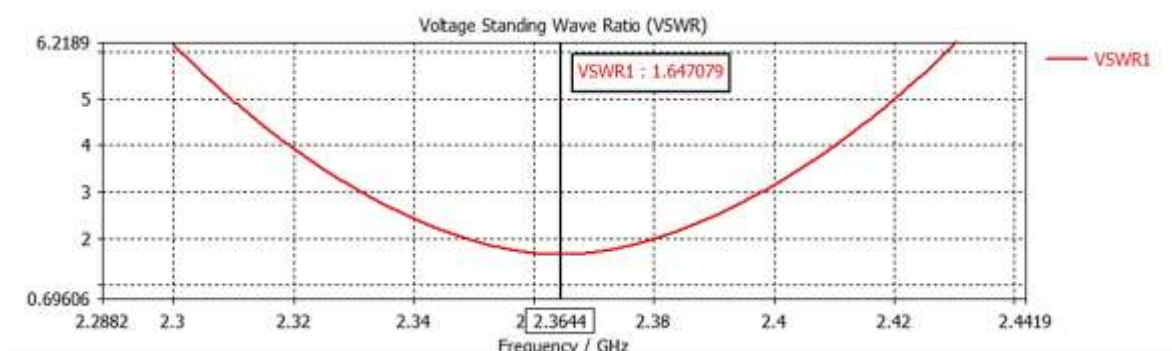
Tabel 1. Parameter Awal Antena Yang Diinginkan

| Parameter Antena | Nilai |
|------------------|---------|
| Frekuensi | 2,4 Ghz |
| VSWR | < 1,8 |

Antena dirancang menggunakan aplikasi simulasi CST Studio dengan dimensi yang telah dihitung sebelumnya. Namun, performa antena tidak memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Oleh karena itu, dilakukan proses optimasi dengan melakukan penyesuaian terhadap dimensi antena sehingga mencapai kinerja operasional yang diharapkan. Dimensi hasil optimasi antena terdokumentasi pada tabel 2, dan operasional frekuensi pada 2,4 GHz dengan nilai VSWR sebesar 1,64 terlihat pada gambar 5.

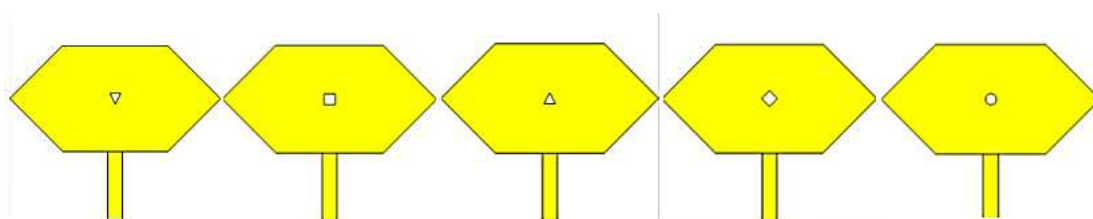
Tabel 2. Parameter Awal Antena Yang Diinginkan

| Parameter Antena | Nilai |
|---------------------|----------|
| Sisi Segitiga (a) | 30 mm |
| Panjang Saluran (L) | 14,84 mm |
| Lebar Saluran (W) | 7,83 mm |
| Panjang Ground (Lg) | 46,5 mm |
| Lebar Ground (Wg) | 51 mm |

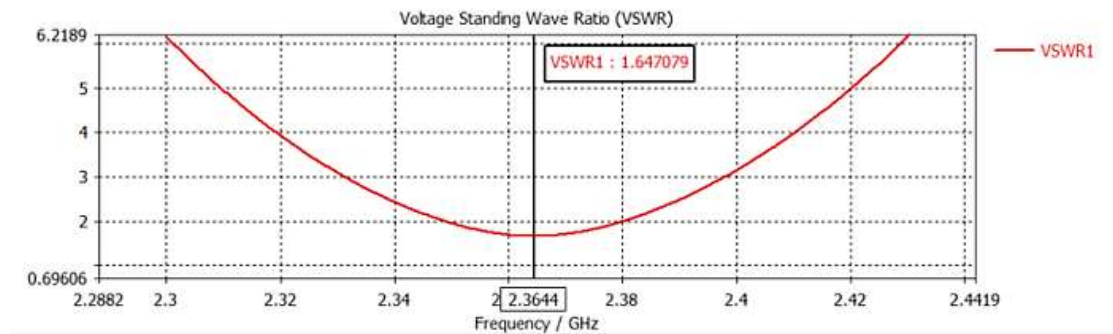


Gambar 5. Frekuensi kerja hasil optimasi

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengevaluasi efek penggunaan slot pada antena mikrostrip berbentuk heksagonal. Penelitian ini akan menganalisis sejumlah variabel antena, termasuk VSWR, bandwidth, dan gain. Dalam rancangan penelitian ini, berbagai bentuk slot akan digunakan, seperti segitiga terbalik, persegi, segitiga, belah ketupat, dan lingkaran, sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 5, dengan panjang sisi slot sebesar 2 mm.



Gambar 6. Bentuk Slot Yang Diuji



Mid Frekuensi = 2,3644
Bandwidth = 2,3606 - 2,3362 =
24.4 MHz
Gain = 4,872

Gambar 7. Keluaran frekuensi rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk heksagonal pada patch antenna mikrostrip memiliki kelebihan dan kekurangan tertentu, yang perlu dipertimbangkan. Heksagon memiliki paket yang efisien dalam tata letaknya, memungkinkan penempatan patch antenna yang lebih padat pada substrat antenna mikrostrip. Bentuk heksagonal dapat memberikan distribusi arus yang lebih merata pada patch, yang dapat membantu mencapai karakteristik radiasi yang lebih baik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bentuk heksagonal dapat meningkatkan bandwidth antenna mikrostrip, yang dapat bermanfaat untuk aplikasi yang memerlukan cakupan frekuensi yang lebih luas. Heksagon memiliki tepi yang lebih panjang dibandingkan dengan beberapa bentuk lainnya, yang dapat membantu mengurangi efek tepi atau efek pinggiran pada patch antenna, memberikan karakteristik radiasi yang lebih konsisten. Bentuk heksagonal sering dianggap estetik dan memiliki simetri yang menarik, yang dapat menjadi pertimbangan dalam desain antenna pada penelitian ini.

Terdapat juga beberapa kekurangan menggunakan desain heksagonal. Desain dan analisis antenna dengan bentuk heksagonal mungkin lebih kompleks daripada bentuk lainnya karena keberagaman sudut dan panjang sisi. Selanjutnya pengaturan resonansi pada bentuk heksagonal mungkin lebih sulit dibandingkan dengan bentuk lainnya karena kompleksitas geometrinya. Heksagon memiliki sisi yang tidak konvensional, yang dapat membuat pemilihan dimensi dan penyesuaian pada sisi patch menjadi lebih rumit. Kemudian pemotongan dan pengoptimalan dimensi heksagonal mungkin memerlukan pemahaman yang lebih mendalam dan keterampilan desain yang lebih tinggi. Kekurangan terakhir yaitu ruang yang terbatas di antara sisi-sisi heksagonal mungkin membuat sulit untuk menambahkan struktur penyesuaian impedansi seperti stub atau tuning strip.

Pada hasil percobaan dengan berbagai jenis slot yang diberikan pada antenna mikrostrip patch hexagonal pada frekuensi 2,4 GHz, terdapat perubahan yang signifikan dalam parameter antenna, terutama dalam hal VSWR, bandwidth (BW), gain, serta impedansi di antara jalur pencatu dan patch peradiasi. Hasil dari eksperimen ini dapat memberikan wawasan yang penting tentang bagaimana perubahan geometri patch, seperti penambahan slot, dapat memengaruhi kinerja antenna.

Pada awal eksperimen, antenna tanpa penambahan slot menunjukkan nilai VSWR sebesar 1,647 pada frekuensi 2,3644 GHz. Sebagai pembandingan, nilai ini dapat dikontraskan dengan nilai VSWR teoritis yang dianggap sesuai, yaitu kurang dari 1,8. VSWR, atau Voltage Standing Wave Ratio, adalah parameter yang mengukur sejauh mana gelombang yang terpantul dalam saluran transmisi. Nilai VSWR yang lebih rendah menunjukkan adanya kesesuaian antara impedansi antenna dan saluran transmisi, yang secara teoritis diinginkan agar energi dapat dipancarkan secara efisien. Dengan nilai VSWR sebesar 1,647 pada frekuensi 2,36 GHz, hasil ini dapat dianggap memenuhi standar teoritis yang mengharapkan nilai VSWR kurang dari 1,8. Namun, perlu diperhatikan

bahwa nilai VSWR yang lebih rendah tidak selalu menjamin kinerja yang optimal. Oleh karena itu, penambahan slot pada antena perlu diuji untuk melihat apakah dapat memberikan peningkatan kinerja atau tidak.

Setelah pemberian slot dengan ukuran 4 mm^2 di tengah patch hexagonal, VSWR mengalami kenaikan nilai. Peningkatan nilai VSWR setelah pemberian slot menunjukkan adanya perubahan pada karakteristik antena. Pemberian slot dapat memengaruhi distribusi arus dan tegangan pada struktur antena, yang pada gilirannya mempengaruhi impedansi dan respons frekuensi. Kenaikan nilai VSWR menandakan bahwa adanya ketidaksesuaian impedansi antara antena dan saluran transmisi pada frekuensi tertentu.

Mungkin ada beberapa faktor yang menyebabkan kenaikan VSWR setelah penambahan slot. Salah satunya dapat disebabkan oleh perubahan pada impedansi input antena akibat adanya slot. Slot tersebut mungkin mengubah distribusi arus di sekitar patch hexagonal, memengaruhi impedansi secara keseluruhan.

Tabel 3. Nilai Parameter Setelah Diberi Slot

| Jenis Slot | Frekuensi (GHz) | BW (MHz) | Gain (dBi) | VSWR |
|-------------------|-----------------|----------|------------|--------|
| Tanpa Slot | 2,3644 | 24,4 | 4,872 | 1,647 |
| Segitiga Terbalik | 2,3604 | 24,2 | 4,885 | 1,652 |
| Persegi | 2,3556 | 17,9 | 4,896 | 1,6447 |
| Segitiga | 2,3604 | 24 | 4,886 | 1,6524 |
| Belah Ketupat | 2,3558 | 18,9 | 4,895 | 1,6492 |
| Lingkaran | 2,3588 | 23,6 | 4,889 | 1,6506 |

Hasil tanpa slot mencerminkan kondisi awal antena sebelum penambahan slot. Frekuensi kerja terletak pada 2,3644 GHz, dengan bandwidth sebesar 24,4 MHz, gain sebesar 4,872 dBi, dan VSWR sebesar 1,647. VSWR yang rendah pada frekuensi 2,36 GHz mengindikasikan kesesuaian impedansi yang baik pada kondisi tanpa slot. Penambahan slot segitiga terbalik menyebabkan sedikit peningkatan frekuensi dan VSWR, tetapi memberikan gain yang sedikit lebih tinggi. Slot persegi menunjukkan penurunan bandwidth dan VSWR yang kecil, sementara gain tetap tinggi. Slot segitiga memberikan hasil yang mirip dengan segitiga terbalik, dengan sedikit peningkatan frekuensi dan VSWR. Slot belah ketupat menunjukkan pengurangan bandwidth dan VSWR yang kecil, namun memberikan peningkatan gain yang signifikan. Slot lingkaran menyebabkan penurunan bandwidth yang sedikit, tetapi mendapatkan gain yang tinggi dan VSWR yang terjaga pada tingkat yang relatif rendah. Dapat diamati bahwa penambahan slot mengakibatkan variasi pada parameter antena.

Frekuensi Kerja, dari hasil eksperimen, terlihat variasi frekuensi kerja antena setelah penambahan slot. Beberapa jenis slot, seperti segitiga dan segitiga terbalik, menunjukkan peningkatan frekuensi, sedangkan slot persegi dan belah ketupat cenderung menurunkan frekuensi. Bandwidth, pemberian slot juga berdampak pada bandwidth antena. Slot persegi mengakibatkan penurunan bandwidth yang signifikan, sementara beberapa jenis slot lainnya memberikan variasi bandwidth yang lebih moderat.

Gain, hasil menunjukkan variasi gain antena setelah pemberian slot. Slot lingkaran dan belah ketupat memberikan peningkatan yang signifikan dalam gain, sedangkan jenis slot lainnya memberikan perubahan yang lebih kecil. VSWR, secara keseluruhan, terdapat peningkatan nilai VSWR setelah penambahan slot. Peningkatan ini menandakan adanya ketidaksesuaian impedansi pada beberapa jenis slot, yang dapat memengaruhi efisiensi transmisi energi antena.

Efek Slot pada Frekuensi dan Bandwidth, pemberian slot berdampak pada frekuensi kerja dan bandwidth antena mikrostrip. Pemilihan jenis slot dapat digunakan untuk mengatur frekuensi kerja dan bandwidth sesuai dengan kebutuhan desain. Variasi Gain, jenis slot memiliki dampak yang bervariasi pada gain antena. Beberapa jenis slot, seperti lingkaran dan belah ketupat, dapat meningkatkan gain, sedangkan yang lain dapat memberikan variasi yang lebih kecil.

Frekuensi 2,4 GHz (nilai frekuensi yang diinginkan dalam eksperimen), frekuensi ini umumnya digunakan dalam jaringan Wi-Fi pada band 2,4 GHz. Dalam tabel, kita dapat melihat bahwa tanpa slot, VSWR pada frekuensi 2,36 GHz sebesar 1,647, yang sesuai dengan standar teoritis ($VSWR <$

1,8) untuk operasi yang efisien. Dengan melihat hasil eksperimen pada frekuensi ini, praktikan dapat mengevaluasi VSWR, bandwidth, dan gain setelah penambahan slot untuk memastikan bahwa antenna mempertahankan performa yang baik pada frekuensi 2,4 GHz untuk mendukung komunikasi dalam jaringan Wi-Fi. Penelitian juga dapat diekspansi untuk mengevaluasi performa antenna pada frekuensi 5 GHz, yang juga umum digunakan dalam jaringan Wi-Fi (khususnya pada standar Wi-Fi 5 atau Wi-Fi 6).

Keluaran frekuensi rendah merupakan parameter yang mencerminkan respons antenna pada frekuensi yang lebih rendah. Dalam konteks antenna mikrostrip, keluaran frekuensi rendah dapat memberikan informasi tentang bagaimana antenna merespon terhadap gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang lebih rendah. Keluaran frekuensi rendah dapat dipengaruhi oleh penambahan slot pada antenna. Slot dapat memengaruhi distribusi medan elektromagnetik dan karakteristik resonansi pada frekuensi rendah, yang pada gilirannya memengaruhi keluaran pada frekuensi tersebut. Hasil pada Gambar 7 perlu dievaluasi untuk melihat apakah terdapat perubahan yang signifikan pada keluaran frekuensi rendah setelah penambahan berbagai jenis slot. Keluaran frekuensi rendah juga dapat memberikan petunjuk tentang efisiensi antenna dan karakteristik radiasi pada frekuensi rendah tersebut. Peningkatan atau penurunan pada keluaran frekuensi rendah dapat mencerminkan adanya perubahan dalam efisiensi radiasi antenna.

KESIMPULAN

Dengan demikian, kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penambahan slot pada antenna mikrostrip berbentuk heksagonal dapat mempengaruhi parameter kinerja antenna, dan pemilihan jenis slot memiliki dampak yang signifikan. Pengembangan lebih lanjut dan eksplorasi desain akan membantu mencapai keseimbangan optimal antara parameter yang berbeda, memungkinkan desain antenna yang efisien dan sesuai dengan kebutuhan aplikasi dual band.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. W. ARDIANTO, S. RENALDY, F. F. LANANG, and T. YUNITA, "Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array 1x2 dengan U-Slot Frekuensi 28 GHz," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 7, no. 1, p. 43, Jan. 2019, doi: 10.26760/elkomika.v7i1.43.
- [2] D. Pasaribu and A. H. Rambe, "RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGIEMPAT PADA FREKUENSI 2,4 GHz DENGAN METODE PENCATUAN INSET," 2014.
- [3] M. Fareq *et al.*, "50 cm Air Gap Wireless Power Transfer by Magnetic Resonance Coupling," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 785, pp. 205–209, Aug. 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.785.205.
- [4] C. S. A. S. AR Nasution, *RANCANGAN MESIN DASAR - KODE MK-TTMA-430203*. 2022.
- [5] C. A. Balanis, *ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN THIRD EDITION*, THIRD EDITION. Canada: A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, 2005. [Online]. Available: www.copyright.com.
- [6] N. Misran, M. T. Islam, N. M. Yusob, and A. T. Mobashsher, "Design of a compact dual band microstrip antenna for Ku-band application," in *2009 International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, IEEE, Aug. 2009, pp. 699–702. doi: 10.1109/ICEEI.2009.5254729.
- [7] A. Mahendra, "Perancangan Antena Mikrostrip Bow-Tie pada Aplikasi Ultra Wideband."
- [8] K. Jones, A. S. : Perancangan, A. Mimo, O. N. Levy, and B. Syihabuddin, "Perancangan Antena MIMO 2x2 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Aplikasi 5G," 2017.
- [9] A. Z. Lubis, "PENGARUH POSISI ANTENA TERHADAP SINYAL GELOMBANG ANTENA YAGI ALUMINIUM," *Jurnal Dinamis*, vol. II, no. 1, 2014.
- [10] W. L. Pritchard and J. A. Mullen, "The Statistical Prediction of Voltage Standing-Wave Ratio," *IEEE Trans Microw Theory Tech*, vol. 5, no. 2, pp. 127–130, Apr. 1957, doi: 10.1109/TMTT.1957.1125111.