

Rancang Bangun Antena Mikrostrip Mimo 2×2 Square Patch U-Slot Untuk Komunikasi 5G Frekuensi 2,3 GHz

Esti Handayani^{1,*}, Nurwijayanti K N²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Dirgantara Dan Industri Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 30 Juni 2024
Direvisi: 26 Juli 2025
Diterima: 30 Agustus 2025

Kata kunci:

antena mikrostrip
MIMO 2×2
U-slot,
5G
Frekuensi 2,3 GHz.

Keywords:

microstrip antenna
2×2 MIMO
U-slot
5G
2.3 GHz frequency.

Penulis Korespondensi:

Esti Handayani
Email:
esti.telektrotelkom@gmail.com

ABSTRAK

Frekuensi 2,3 GHz merupakan salah satu pita frekuensi yang direkomendasikan untuk implementasi jaringan 5G karena memiliki karakteristik propagasi yang baik serta mendukung kapasitas data yang tinggi. Namun, antena mikrostrip pada frekuensi ini umumnya masih menghadapi keterbatasan lebar pita dan efisiensi radiasi. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan antena mikrostrip MIMO 2×2 berbentuk square patch dengan U-slot dan teknik inset feed untuk meningkatkan bandwidth serta kinerja radiasi pada aplikasi 5G. Perhitungan awal dimensi antena dilakukan berdasarkan teori mikrostrip, kemudian dilakukan pemodelan dan optimasi menggunakan CST Microwave Studio Suite 2019. Antena hasil optimasi kemudian difabrikasi dan diuji menggunakan VNA serta pengukuran pola radiasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa antena bekerja pada frekuensi sekitar 2,3 GHz dengan bandwidth masing-masing port sebesar 61–65 MHz, nilai VSWR < 1,2, dan axial ratio sebesar 1,23 dB yang menunjukkan polarisasi melingkar. Selain itu, antena memiliki gain terukur sebesar 6,98 dB. Hasil ini memperlihatkan bahwa modifikasi U-slot dan teknik inset feed mampu meningkatkan performansi antena sehingga sesuai untuk aplikasi sistem MIMO pada jaringan 5G.

The 2.3 GHz frequency band is one of the recommended spectrums for 5G deployment due to its favorable propagation characteristics and capability to support high data throughput. However, microstrip antennas operating in this band often suffer from limited bandwidth and radiation efficiency. This research aims to design and implement a 2×2 MIMO microstrip antenna using a square patch with a U-slot and an inset-feed technique to enhance bandwidth and radiation performance for 5G applications. The initial antenna dimensions were calculated using standard microstrip theory, followed by modeling and optimization using CST Microwave Studio Suite 2019. The optimized antenna was then fabricated and tested using a Vector Network Analyzer (VNA) and radiation pattern measurements. Experimental results show that the antenna operates around 2.3 GHz with bandwidth values ranging from 61 to 65 MHz, VSWR below 1.2, and an axial ratio of 1.23 dB, indicating circular polarization. Additionally, the measured gain reaches 6.98 dB. These results demonstrate that the U-slot modification combined with inset-feed implementation effectively improves antenna performance, making the design suitable for MIMO systems in 5G networks.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel generasi kelima (5G) menuntut ketersediaan antena dengan performansi yang optimal, terutama pada pita frekuensi 2,3 GHz yang termasuk *mid-band spectrum* dan direkomendasikan secara internasional untuk implementasi jaringan 5G karena menawarkan karakteristik propagasi yang baik serta kapasitas data yang tinggi [1], [2]. Meskipun demikian, penggunaan frekuensi pada rentang ini juga menghadapi tantangan berupa fenomena *multipath fading* akibat pantulan dan hamburan dari objek lingkungan, sehingga diperlukan sistem antena yang mampu meningkatkan keandalan dan throughput jaringan.

Multiple Input Multiple Output (MIMO) menjadi salah satu teknologi penting dalam komunikasi 5G karena mampu meningkatkan kapasitas kanal, kualitas sinyal, serta efisiensi spektral melalui penggunaan lebih dari satu antena pemancar dan penerima [3], [4]. Namun, perancangan antena MIMO untuk perangkat berukuran kompak masih menghadapi kendala, terutama terkait mutual coupling antar elemen antena, keterbatasan bandwidth, serta stabilitas pola radiasi [5], [6]. Pemilihan antena mikrostrip sebagai kandidat utama untuk aplikasi MIMO dianggap tepat karena dimensinya yang kecil, ringan, mudah direalisasikan, dan kompatibel untuk integrasi pada perangkat modern [7], [8]. Akan tetapi, antena mikrostrip secara umum masih memiliki keterbatasan pada lebar pita dan efisiensi radiasi [2].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengusulkan teknik peningkatan bandwidth, seperti penggunaan *slot* pada patch, *parasitic element*, serta optimasi pencatuan [9]. Salah satu teknik yang populer adalah penambahan U-slot pada patch karena mampu memperluas jalur resonansi dan meningkatkan bandwidth tanpa memperbesar dimensi antena secara signifikan [10]. Teknik pencatuan inset feed juga terbukti efektif dalam mengontrol impedansi masukan antena dan meningkatkan performansi pencocokan impedansi [11]. Namun, studi-studi sebelumnya sebagian besar masih berfokus pada antena tunggal atau konfigurasi non-MIMO, serta belum banyak membahas optimasi U-slot pada susunan MIMO 2×2 khusus untuk frekuensi 2,3 GHz.

Dengan adanya *research gap* tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan merealisasikan antena mikrostrip MIMO 2×2 berbentuk square patch dengan U-slot dan teknik inset feed pada frekuensi 2,3 GHz. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan bandwidth, mengurangi nilai VSWR, serta menghasilkan pola radiasi yang sesuai untuk aplikasi 5G. Pemodelan dan optimasi dilakukan menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio Suite 2019, diikuti proses fabrikasi serta pengujian parameter antena secara eksperimental.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan antena mikrostrip MIMO berperformansi tinggi pada pita 2,3 GHz, serta menjadi referensi bagi akademisi maupun industri dalam merancang antena kompak untuk sistem komunikasi 5G.

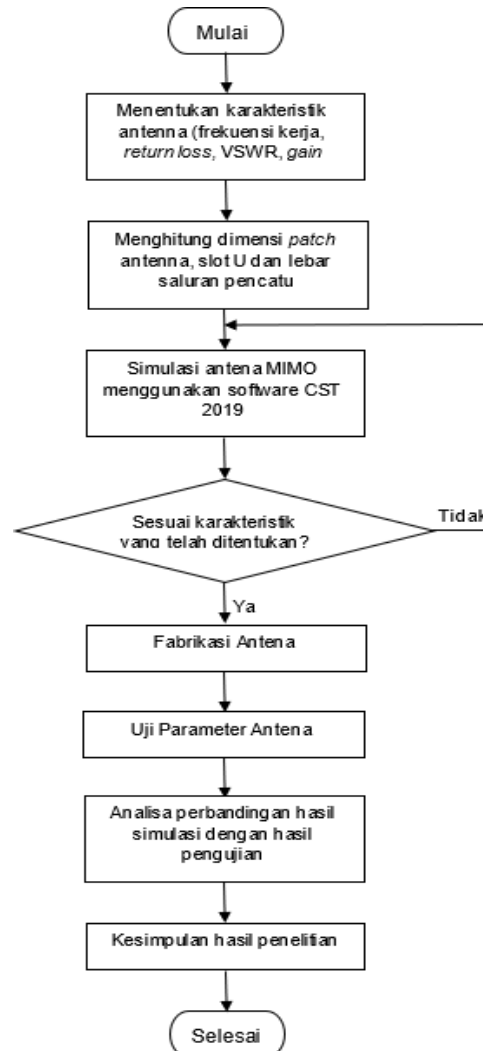
II. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk memahami dasar teori antena mikrostrip, karakteristik propagasi frekuensi 2,3 GHz, teknik sloting U-slot, metode pencatuan inset feed, serta prinsip kerja sistem MIMO. Studi literatur ini bertujuan mengidentifikasi kelemahan desain antena mikrostrip konvensional, metode peningkatan bandwidth yang telah digunakan, serta peluang pengembangan desain baru yang sesuai dengan kebutuhan sistem komunikasi 5G. Adapun karakteristik yang diharapkan pada antena ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik hasil yang diharapkan

No.	Parameter	Nilai yang Diharapkan
1.	Frekuensi kerja	2,3 GHz (2,3 – 2,390 GHz)
2.	Impedansi Terminal	50 Ω koaksial konektor SMA
3.	<i>Return loss</i>	< -10 dB

4. VSWR < 2
5. Axial Ratio < 3 dB
6. Gain > 3 dB



Gambar 1. Diagram Alir

Tabel 2. Spesifikasi bahan yang digunakan

No.	Spesifikasi	Nilai
1.	Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r)	4,3
2.	Loss Tangen ($\tan \delta$)	0,02
3.	Ketebalan substrat (h)	1,6 mm

ditetapkan pada pita frekuensi 2,3–2,39 GHz. Parameter target mencakup impedansi input 50 Ω , return loss < -10 dB, VSWR < 2, axial ratio < 3 dB, serta gain > 3 dB. Substrat FR-4 dengan konstanta dielektrik 4,3 dan ketebalan 1,6 mm dipilih sebagai bahan dasar karena kemudahan fabrikasi dan kesesuaiannya dengan penelitian-penelitian serupa [12]. Dimensi awal patch dihitung menggunakan persamaan dasar antena mikrostrip persegi sebagaimana dijelaskan oleh Balanis [13], termasuk perhitungan panjang efektif, lebar patch, serta pengaruh panjang gelombang efektif. Penambahan U-slot dirancang untuk menghasilkan dua jalur resonansi guna memperlebar bandwidth [14], sedangkan

pencatuan inset feed diterapkan untuk memperoleh pencocokan impedansi yang lebih baik sesuai metode yang umum digunakan pada antena mikrostrip [15]. Hasil perhitungan awal menghasilkan dimensi patch, slot, dan feed line sebagaimana dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekap perhitungan dimensi antena mikrostrip

No.	Parameter	Simbol	Dimensi (cm)
1.	Panjang sisi <i>groundplane</i>	L_g	4,57749
2.	Panjang sisi <i>patch</i>	L_p	3,61749
3.	Panjang <i>slot</i> vertikal	C	1,08524
4.	Lebar <i>slot</i>	E	0,21739
5.	Panjang <i>slot</i> horizontal	D	0,43477
6.	Panjang <i>feeder</i>	x_f	0,90623
7.	Lebar <i>feeder</i>	w_f	0,31100

Tahap berikutnya adalah perancangan awal antena berdasarkan spesifikasi teknis yang

Setelah perancangan awal selesai, tahap selanjutnya adalah pemodelan dan simulasi antena menggunakan CST Microwave Studio Suite 2019. Pada proses simulasi, antena dimodelkan secara tiga dimensi dengan menerapkan *open add space* sebagai boundary condition untuk mensimulasikan radiasi bebas. Port eksitasi dimodelkan menggunakan *waveguide ports*, sedangkan solver yang digunakan adalah *frequency domain solver* agar perolehan parameter S lebih akurat. Proses simulasi dilengkapi dengan *adaptive mesh refinement* untuk memastikan ketelitian hasil, sebagaimana direkomendasikan pada penelitian antena mikrostrip sebelumnya [16]. Parameter yang dianalisis mencakup return loss, bandwidth, VSWR, axial ratio, gain, pola radiasi, serta *mutual coupling* antar elemen MIMO (S12, S13, S14), yang merupakan parameter penting dalam evaluasi performansi sistem MIMO [11].

Tahap optimasi dilakukan berdasarkan hasil simulasi awal dengan menyesuaikan beberapa parameter antena, terutama dimensi patch, ukuran slot vertikal dan horizontal, serta panjang dan lebar saluran pencatuan. Optimasi dilakukan secara iteratif melalui teknik *parameter sweeping* untuk memperoleh performansi terbaik sesuai spesifikasi, yaitu return loss yang rendah, bandwidth yang lebih lebar, axial ratio < 3 dB, dan gain yang memadai. Pendekatan optimasi ini mengikuti praktik yang digunakan dalam desain antena MIMO dan antena dengan slot pada penelitian sebelumnya [14], [15].

Setelah diperoleh desain optimal, antena kemudian difabrikasi menggunakan substrat FR-4 melalui proses pelapisan tembaga dan pemotongan pola patch sesuai hasil rancangan. Pengujian antena dilakukan dalam tiga tahap utama. Pertama, parameter return loss dan VSWR diuji menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) untuk memperoleh S-parameter dan memastikan pencocokan impedansi, mengikuti metode umum pengujian antena mikrostrip [16]. Kedua, pola radiasi dan axial ratio diukur pada bidang E dan H, kemudian axial ratio dihitung menggunakan persamaan polarisasi yang direferensikan dari Stutzman [12]. Ketiga, pengukuran gain dilakukan dengan metode perbandingan dua antena menggunakan antena horn sebagai antena referensi, sebagaimana lazim digunakan dalam pengukuran gain antena mikrostrip [17]. Seluruh hasil pengujian dibandingkan dengan hasil simulasi CST untuk mengevaluasi akurasi model dan menilai pengaruh toleransi fabrikasi serta kondisi lingkungan terhadap performansi antena.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisa Bandwidth, Return Loss dan VSWR

Berdasarkan hasil pengujian yang telah didapatkan, maka jika dibandingkan performansinya dengan hasil simulasi seperti terlihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Perbandingan performansi antena simulasi dan pengujian

	PORT	Frekuensi Kerja (GHz)	Return Loss (dB)	Bandwidth (MHz)	VSWP
Hasil Simulasi	1	2,3 GHz	-20,78	60,04	1,2
	2		-24,21	58,59	1,1
	3		-24,12	58,82	1,1
	4		-24,09	59,35	1,1
Hasil Pengujian	1	2,3 GHz	-22,4	64,93	1,1
	2		-20,75	64,93	1,2
	3		-24,22	62,68	1,1
	4		-20,98	61,55	1,2

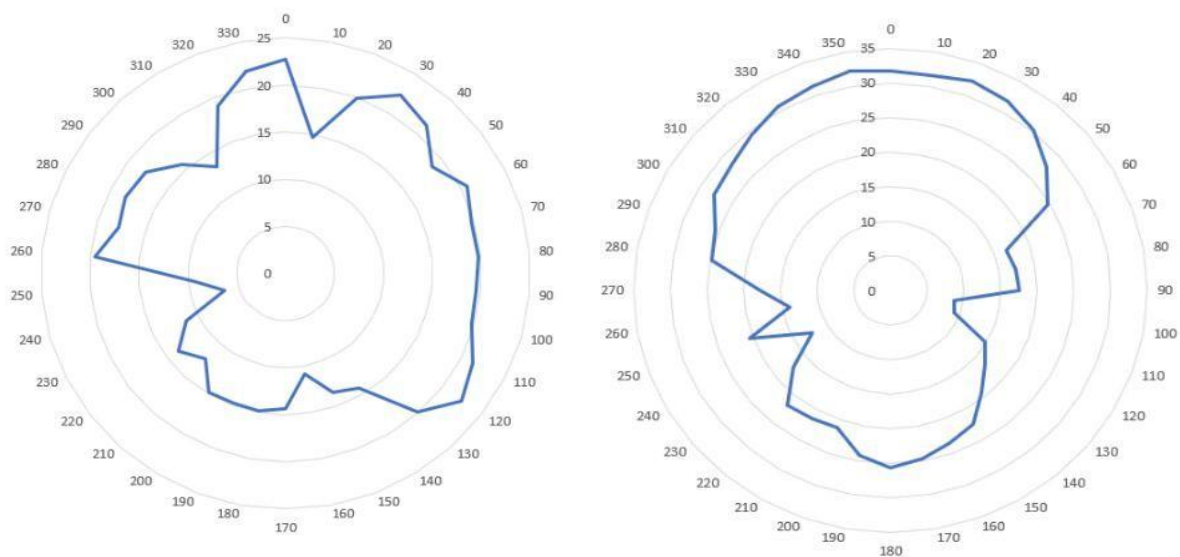
Hasil pengujian antena mikrostrip MIMO 2×2 dengan konfigurasi square patch U-slot menunjukkan performansi yang cukup baik dan sejalan dengan hasil simulasi yang dihasilkan menggunakan CST Microwave Studio Suite 2019. Perbandingan parameter utama berupa return loss, bandwidth, dan VSWR ditampilkan pada Tabel 4, yang memperlihatkan bahwa meskipun terdapat perbedaan nilai antara simulasi dan pengujian, seluruh parameter masih berada dalam batas spesifikasi desain untuk aplikasi 5G frekuensi 2,3 GHz.

Pada hasil simulasi, keempat port menunjukkan return loss antara -20 dB hingga -24 dB dengan bandwidth sekitar 58–60 MHz. Pengujian menunjukkan pergeseran kecil pada frekuensi kerja dan peningkatan bandwidth menjadi sekitar 61–65 MHz. Pergeseran frekuensi kerja dari hasil pengujian yang berada di sekitar 2,34 GHz dapat disebabkan oleh kondisi pengukuran yang tidak ideal, khususnya karena tidak digunakannya shield box yang dapat menjaga kestabilan lingkungan pengukuran. Selain itu, toleransi fabrikasi seperti ketidaktepatan pemotongan patch, variasi ketebalan tembaga, serta akumulasi timah pada konektor SMA juga dapat mempengaruhi nilai impedansi input, sehingga menyebabkan perbedaan hasil antara simulasi dan realisasi.

3.2 Analisa Pola Radiasi dan Polarisasi

Pengujian polarisasi dilakukan dengan 2 cara yaitu secara horizontal dan vertikal. Selanjutnya dari data pengujian pola radiasi bidang horizontal dan bidang vertikal pada antena MIMO 2x2 diatas, maka dapat dihitung *Axial rationya*. Peningkatan bandwidth pada hasil pengujian dibandingkan simulasi menjadi salah satu indikasi positif dari penerapan U-slot dan teknik pencatuan inset feed. U-slot memberikan jalur resonansi tambahan yang memperluas wilayah frekuensi operasi, sedangkan pencatuan inset feed membantu memperbaiki pencocokan impedansi sehingga meningkatkan stabilitas dan efisiensi radiasi. Hal ini terlihat dari nilai VSWR pengujian yang berada di bawah 1,2 pada seluruh port, menandakan adanya pencocokan impedansi yang baik dan minim refleksi energi dari port antena. Meskipun pembahasan nilai mutual coupling tidak disertakan pada jurnal awal, kinerja VSWR yang stabil pada seluruh port mengindikasikan bahwa jarak antar elemen cukup efektif dalam menjaga interaksi antarpatch.

Analisis polarisasi memperlihatkan bahwa antena menghasilkan polarisasi melingkar dengan axial ratio sebesar 1,23 dB. Nilai axial ratio yang berada jauh di bawah batas 3 dB menegaskan bahwa antena memiliki performansi polarisasi yang sangat baik, sehingga mampu mengurangi sensitivitas terhadap orientasi antena penerima—sebuah karakteristik yang sangat krusial untuk sistem komunikasi bergerak seperti jaringan 5G. Berdasarkan grafik hasil pengujian pola radiasi pada bidang horizontal dan vertikal, pola radiasi antena menunjukkan karakter direksional yang sesuai dengan desain patch mikrostrip, yang umumnya menghasilkan pola radiasi menyerupai bentuk *doughnut* dengan penguatan maksimal tegak lurus terhadap permukaan patch.



Gambar 3.2. Gambar Hasil Pengujian Polarisasi Antena (a) Polarisasi Bidang Horizontal (b) Bidang Vertikal

Hasil pengujian gain menggunakan metode perbandingan dua antena menunjukkan bahwa antena memiliki gain sebesar 6,98 dB. Nilai ini melampaui spesifikasi awal (>3 dB) dan mengindikasikan bahwa desain patch U-slot yang dioptimasi berhasil meningkatkan efisiensi radiasi antena. Peningkatan gain ini tidak hanya dipengaruhi oleh konfigurasi patch, namun juga oleh keberhasilan proses optimasi terhadap slot dan saluran pencatuan yang menghasilkan distribusi medan listrik lebih merata pada permukaan patch.

Secara keseluruhan, perbandingan hasil simulasi dan pengujian menunjukkan bahwa desain antena memiliki konsistensi performansi yang baik. Perbedaan kecil antara simulasi dan pengukuran merupakan fenomena umum dalam rekayasa antena mikrostrip, terutama ketika menggunakan substrat FR-4 yang secara karakteristik memiliki nilai konstanta dielektrik dan loss tangent yang dapat bervariasi antarlembar. Namun demikian, semua parameter utama—bandwidth, return loss, VSWR, axial ratio, dan gain—telah memenuhi spesifikasi desain untuk penggunaan pada pita frekuensi 2,3 GHz.

Hasil ini mengonfirmasi bahwa kombinasi teknik U-slot dan inset feed mampu secara signifikan meningkatkan bandwidth dan stabilitas pencocokan impedansi tanpa menambah ukuran antena secara signifikan. Selain itu, konfigurasi MIMO 2×2 yang dirancang menunjukkan potensi yang kuat untuk digunakan dalam sistem komunikasi 5G, ditinjau dari performansi radiasi dan kemungkinan penerapan pada perangkat berukuran kompak.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang, mensimulasikan, dan merealisasikan antena mikrostrip MIMO 2×2 berbentuk square patch dengan U-slot dan teknik pencatuan inset feed untuk aplikasi komunikasi 5G pada frekuensi 2,3 GHz. Melalui proses perhitungan teoritis, pemodelan menggunakan CST Microwave Studio Suite 2019, serta optimasi dimensi patch dan slot, antena yang direalisasikan menunjukkan performansi yang konsisten dengan spesifikasi desain. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa antena bekerja pada rentang frekuensi sekitar 2,3 GHz dengan bandwidth masing-masing port berada pada kisaran 61–65 MHz dan nilai VSWR $< 1,2$ pada seluruh port, menunjukkan bahwa pencocokan impedansi dapat dicapai dengan baik.

Nilai axial ratio sebesar 1,23 dB mengonfirmasi bahwa antena memiliki polarisasi melingkar yang stabil, sedangkan gain terukur sebesar 6,98 dB membuktikan bahwa struktur U-slot dan proses optimasi yang dilakukan mampu meningkatkan efisiensi radiasi. Perbedaan kecil antara hasil simulasi dan pengujian merupakan hal yang wajar dan disebabkan oleh toleransi fabrikasi serta kondisi pengujian, namun tidak berdampak signifikan terhadap performansi keseluruhan antena.

Dengan demikian, desain antena mikrostrip MIMO 2×2 yang dikembangkan pada penelitian ini dinyatakan berhasil memenuhi seluruh parameter target dan layak untuk diterapkan pada sistem komunikasi 5G pita frekuensi 2,3 GHz. Penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam menunjukkan efektivitas kombinasi U-slot dan inset feed dalam meningkatkan bandwidth, pencocokan impedansi, dan kualitas polarisasi pada antena mikrostrip berukuran kompak. Pengembangan penelitian ke depan dapat diarahkan pada analisis lebih mendalam mengenai parameter MIMO seperti ECC, DG, dan CCL, serta optimasi lebih lanjut untuk mengurangi *mutual coupling* antar elemen antena.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Amrin Sianipar, Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO Bowtie 4x4 dengan Corner Reflektor 90° pada Frekuensi 1,8 GHz untuk Aplikasi LTE Melalui Teknik Pencatutan Mikrostrip Line, Universitas Komputer, Bandung Indonesia, Thesis 2018.
- [2]. Apriani, W. 2019. Modul Belajar Antena Propagasi, <http://eprints.polsri.ac.id/8082/3/FILE%20III.pdf> Diakses: 17 Maret 2025.
- [3]. Balanis, Constantine A. 2005. Antena Theory – Analyss and Design, 3rd ed. Newjersey : A John Wiley & Sons, Inc.
- [4]. Fitriani, Eka Kartika. 2011. Rancang Bangun Antena Helical 1.9 GHz untuk Memperkuat Penerimaan Sinyal WCDMA. Tugas Akhir. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [5]. Garg, R, et al. 2001. Microstrip Design Handbook. Norwood, MA: Artech Hoose Inc. [6]. Kusumo, Bayu. 2023. Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 KV Gardu Induk Kebon Jeruk. Jurnal Cahaya Mandalika.
- [7]. M. M. Roza E. 2013. Sistem MIMO dan Aplikasi Penggunaannya, Rekayasa Teknologi. [8]. Mediaindonesia.com. 2021. Agar 5G Optimal, Pemerintah Diminta Siapkan Frekuensi Milimeter Waves <https://mediaindonesia.com/teknologi/413416/agar5g-optimal- pemerintah-diminta-siapkan-frekuensi-milimeter-waves> Diakses: 19 Maret 2025.
- [9]. Prabandari, I. 2019. Rancangan Antena Mikrostrip Rectangular Path Untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution) dengan Frekuensi 2.3 GHz. Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan), 3(1). <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/view/345>
- [10]. Rizky A., Koesmarjianto., and Waluyo. 2018. Perancangan Antena MIMO Mikrostrip 4x4 Patch Circular Pada Frekuensi 2,4 GHz Untuk Aplikasi WLAN 802.11n., Jurnal Jaringan Telekomunikasi, pp.Vol.7, No.2, Page : 23-24.
- [11]. Ramdhani, Tisya Sri. 2017. Rancang Bangun Antena Mirostrip Array 2x2 Patch Persegi dengan Slot Diagonal untuk Frekuensi 2,4 GHz. Proyek Akhir. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.[12]. Stutzman, W., L. 1993. Polarization in Electromagnetic System. USA:Artech House. [13]. Satrio, Fuji Harry. 2017. Perancangan dan Implementasi Antena Dipole Silang Frekuensi Kerja 2,4GHz dengan Metode Kombinasi Matching Impedansi dan Sektorisasi Antena Untuk Wifi Standar IEEE 802.11G. Tugas Akhir. Bandung: Universitas Komputer Indonesia.
- [14]. W. A. Fajar, Nachwan M.A., and & Budi S. 2018. Analisis Simulasi Antena MIMO 4x4 Susunan Persegi dan, Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, vol.7., No.2.
- [15]. Wilis. 2019. Perancangan dan Analisa Antena Mikrostrip Patch Circular Array 4 Elemen dengan Slot-U Pada Frekuensi 2,4GHz. Tugas Akhir. Jakarta:Universitas Mercu Buana.
- [16]. Yasyfa, Lina Aulia. 2017. Rancang Bangun Antena Mikrostrip Rectangular dengan Posisi Slot Yang Berbeda untuk Aplikasi W-Lan. Proyek Akhir. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [17]. Kusumaningrum, N. 2022. Perancangan Sistem Keamanan Pintu Ruangan Otomatis Menggunakan RFID Berbasis Internet Of Things (IOT), Universitas Bina Darma, Palembang Indonesia, Jurnal Matrik, Vol.24., No.1.