



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

Permodelan Antena Circular Menggunakan *Inset-feed* Untuk Penerapan *Internet of Things*

Modeling of Circular Antenna Using Inset-Feed for Internet of Things Applications

Safina Ayu Damayanti^{1*}, Adella Juniar Safitri², Dzulkifli³, Rohim Aminullah Firdaus⁴

¹⁻⁴Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas negeri Surabaya, Indonesia

*Corresponding Author: E-mail: Safinaayudamayanti@gmail.com

Artikel Penelitian

Article History:

Received: 08 May, 2025

Revised: 14 Jun, 2025

Accepted: 17 Jun, 2025

Kata Kunci:

Circular, Inset-feed,
Internet Of Things

Keywords:

*Circular, Inset-feed,
Internet Of Things*

DOI: 10.56338/jks.v8i6.7535

ABSTRAK

Perkembangan pesat teknologi Internet of Things (IoT) menuntut sistem komunikasi nirkabel yang andal, efisien, dan hemat daya. Antena mikrostrip menjadi solusi potensial karena ukurannya yang kompak dan konsumsi daya yang rendah. Penelitian ini merancang dan menganalisis antena mikrostrip berbentuk circular dengan teknik inset-feed yang dioptimalkan untuk aplikasi IoT pada frekuensi 2,4 GHz. Desain menggunakan substrat FR-4 dan dilakukan simulasi menggunakan metode FDTD. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antena memiliki kinerja yang baik dengan nilai return loss sebesar 36,901 dB, VSWR 1,0314, gain 2,11 dBi, dan bandwidth sebesar 546 MHz. Pola radiasi directional berbentuk angka delapan memperlihatkan performa radiasi yang mendukung aplikasi IoT. Teknik inset-feed terbukti meningkatkan pencocokan impedansi tanpa memerlukan struktur tambahan, sehingga desain lebih sederhana dan efisien. Dengan demikian, antena ini layak diterapkan pada perangkat IoT yang membutuhkan desain ringkas dan performa tinggi.

ABSTRACT

The rapid development of Internet of Things (IoT) technology demands a reliable, efficient, and power-saving wireless communication system. Microstrip antenna solutions are potential because of their compact size and low power consumption. This study designs and analyzes a circular microstrip antenna with an inset-feed technique optimized for IoT applications at a frequency of 2.4 GHz. The design uses an FR-4 substrate and simulations are carried out using the FDTD method. The simulation results show that the antenna has good performance with a return loss value of -36.901 dB, VSWR 1.0314, gain 2.11 dBi, and bandwidth of 546 MHz. The figure-eight directional radiation pattern displays radiation performance that supports IoT applications. The inset-feed technique is proven to improve impedance matching without requiring additional structures, making the design simpler and more efficient. Therefore, this antenna is suitable for application in IoT devices that require a compact and high-performance design.

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat teknologi Internet of Things (IoT) menuntut ketersediaan sistem komunikasi nirkabel yang andal, efisien, dan hemat daya. Antena sebagai komponen penting dalam sistem komunikasi IoT harus dirancang dengan dimensi yang kompak, bandwidth yang cukup, serta mampu beroperasi pada frekuensi yang sesuai dengan standar protokol seperti Zigbee, Wi-Fi, atau LoRa. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan perangkat IoT adalah keterbatasan ruang dan kebutuhan konsumsi daya yang rendah, sehingga dibutuhkan antena dengan desain sederhana dan dapat mendukung transmisi dan penerimaan data dengan efisiensi tinggi (R. A Firdaus 2024). Antena mikrostrip dengan bentuk circular dan teknik inset-feed dinilai mampu menjawab tantangan ini karena mampu memberikan impedance matching yang baik serta ukuran yang relatif kecil dibandingkan

dengan antena konvensional (Harianto et al. 2020).

Antena circular dengan teknik inset-feed menunjukkan kinerja VSWR dan return loss yang optimal untuk aplikasi komunikasi jarak pendek (Mohammed and Taan 2022). Oleh karena itu, penelitian ini penting dan mendesak untuk dilakukan guna menghasilkan solusi antena yang efisien dan aplikatif dalam mendukung ekosistem IoT yang kian berkembang. Antena mikrostrip dirancang dengan bentuk circular menggunakan inset-feed pada penelitian ini didasarkan pada keunggulannya dalam memenuhi kebutuhan perangkat IoT yang memerlukan desain antena berukuran kecil, ringan, dan efisien. Dimensi antena yang kecil dan desain yang lebih sederhana dibandingkan dengan antena persegi pada frekuensi yang sama, sehingga cocok untuk perangkat dengan ruang terbatas (Salim et al. 2022). Inset-feed memungkinkan pencocokan impedansi yang lebih baik tanpa memerlukan elemen tambahan, sehingga menyederhanakan desain dan meningkatkan efisiensi radiasi (Yudi Putranto et al. 2023). Dibandingkan dengan metode pencatutan lainnya, seperti edge-feed atau probe-feed, inset-feed menawarkan struktur yang lebih sederhana dan performa yang stabil, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi IoT yang menuntut keandalan dan efisiensi tinggi. Desain antena diharapkan dapat memenuhi kriteria yang baik dengan nilai return loss > -10 dB sehingga efisiensi kinerja antena dikatakan baik dan dapat beroperasi secara efisien.

Berbagai bentuk antena mikrostrip, seperti lingkaran, persegi panjang, atau persegi yang dapat dihubungkan dengan berbagai metode. Karakteristik antena, seperti gain dan bandwidth, sangat dipengaruhi oleh konfigurasi patch (Guzman et al. 2024). Beberapa bentuk antena mikrostrip yang paling umum digunakan adalah bentuk persegi, persegi panjang, dan lingkaran, karena dinilai memiliki kemudahan dalam mendesain dan analisisnya (Ara 2022). Penelitian ini berfokus pada desain antena mikrostrip berbentuk circular dengan teknik inset-feed yang dioptimalkan untuk aplikasi Internet of Things (IoT) pada frekuensi 2,4 GHz. Berbeda dengan studi sebelumnya oleh (Khidhir 2023), yang merancang dan mengimplementasikan antena patch circular pada frekuensi 2,4 GHz menggunakan substrat FR-4, penelitian ini menggunakan teknik inset feed untuk meningkatkan pencocokan impedansi dan efisiensi radiasi. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan mengadaptasi desain antena circular inset-feed yang dioptimalkan untuk perangkat IoT dengan meningkatkan nilai return loss dan bandwidth.

STUDI PUSTAKA

Antena merupakan sebuah perangkat yang terbuat dari bahan logam untuk memancarkan atau menerima gelombang radio (Firdaus et al. 2016). Definisi lain dari antena juga dapat diuraikan sebagai, “sarana untuk memancarkan dan menerima gelombang radio,” atau dengan kata lain antena dapat digambarkan sebagai sebuah struktur transisi antara ruang bebas dan perangkat pemandu. Mikrostrip patch adalah jenis antena yang memiliki elemen pemancar berbentuk patch dari bahan konduktor, yang diletakkan di atas lapisan substrat dielektrik. Antena ini termasuk salah satu struktur yang paling umum digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel karena berbagai kelebihannya. Beberapa keunggulan tersebut antara lain profilnya yang tipis, desainnya yang relatif sederhana, serta biaya produksinya yang lebih ekonomis dibandingkan dengan jenis antena lainnya (Rana and Smieeee 2022).

Pemilihan substrat sangat mempengaruhi karakteristik antena, termasuk bandwidth, dan pola radiasi. Dalam desain antena mikrostrip, berbagai jenis bahan substrat dapat digunakan, masing-masing dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berbeda. Salah satu bahan substrat yang umum digunakan adalah FR-4 yang memiliki konstanta dielektrik dalam kisaran $4,3 \leq \epsilon_r \leq 4,4$. Substrat FR-4 adalah bahan komposit berbasis serat kaca yang dilaminasi dengan resin epoksi, dikenal karena biaya produksinya yang rendah, ketersediaannya yang luas, serta kemudahan dalam proses fabrikasi. Teknik inset-feed pada antena mikrostrip merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk mencapai pencocokan impedansi (impedance matching) antara antena dan saluran transmisi secara efektif. Dalam konfigurasi ini, saluran transmisi mikrostrip tidak langsung terhubung ke tepi patch, melainkan

dimasukkan sedikit ke dalam permukaan patch membentuk sebuah celah (inset) yang menjorok. Penempatan titik feed di posisi tertentu ini memungkinkan kontrol terhadap nilai impedansi input antena, sehingga dapat disesuaikan dengan impedansi saluran transmisi, biasanya 50 ohm. Keunggulan utama dari metode ini adalah tidak dibutuhkannya rangkaian penyesuaian impedansi tambahan, seperti transformator atau jaringan pencocokan, yang dapat menambah kompleksitas dan ukuran antena. Selain itu, teknik inset-feed juga relatif mudah diimplementasikan dalam proses fabrikasi karena tetap mempertahankan struktur planar dari antena mikrostrip.

Dengan pencocokan impedansi yang baik, efisiensi transfer daya dari saluran ke antena meningkat, sehingga kinerja sistem komunikasi secara keseluruhan menjadi lebih optimal (Pratama and Ananda 2022). Mode resonansi yang dapat didukung oleh antena patch berbentuk melingkar dapat dianalisis dengan memperhatikan sifat material dielektrik yang digunakan serta dimensi fisik dari patch itu sendiri. Dalam kasus antena patch melingkar, salah satu karakteristik yang membedakannya dari bentuk lain seperti persegi panjang adalah terbatasnya parameter yang dapat diatur untuk mengontrol kinerja antena, yaitu hanya terdapat satu derajat kebebasan, yakni pada pengaturan jari-jari patch (Balanis 2005). Hal ini berarti bahwa dalam proses perancangannya, penyesuaian utama untuk memperoleh frekuensi resonansi yang diinginkan dilakukan dengan menentukan nilai jari-jari yang tepat. Sebagai contoh, dalam merancang antena patch melingkar yang dilengkapi dengan slot melingkar dan dirancang untuk beroperasi pada frekuensi resonansi sebesar 2,4 GHz, dengan asumsi kecepatan rambat gelombang elektromagnetik di ruang bebas, maka jari-jari patch tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$a = \frac{F}{\left[1 + \left(\frac{2h}{\pi F \epsilon_r}\right) \left(\ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1,7726\right)\right]^{1/2}} \quad (1)$$

dengan nilai F dapat dicari menggunakan formula berikut:

$$F = \frac{8,791 \times 10^8}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

a = jari-jari *patch circular* (cm)

f_r = frekuensi resonansi (GHz)

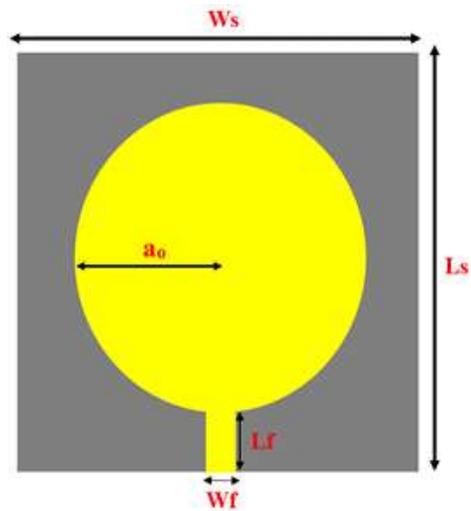
ε_r = permitivitas bahan dielektrik substrat

h = tebal substrat (cm)

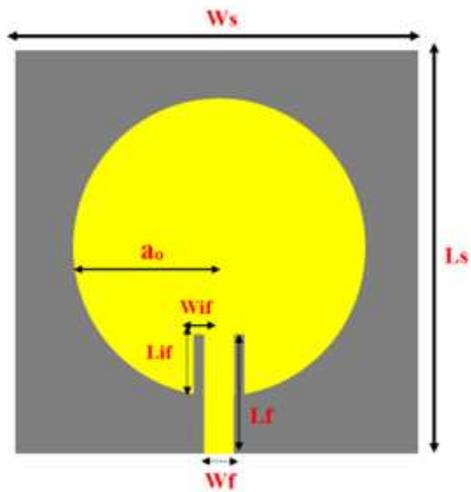
F = konstanta F pada perumusan *circular* (cm)

METODE

Metode pembuatan rancangan desain antena circular inset-feed adalah dengan melakukan studi literatur terlebih dahulu mengenai desain antena yang akan dibuat. Desain antena dibuat menggunakan FDTD (Finite Difference Time Domain), gambar (a) yang merupakan desain awal sebelum diberi inset feed. Penambahan inset-feed dilakukan agar mendapatkan desain pada gambar (b). Pembuatan antena menggunakan bahan substrat FR-4 dan juga tembaga pada bagian patch. Berikut merupakan ilustrasi perancangan desain antena circular inset-feed:



(a)



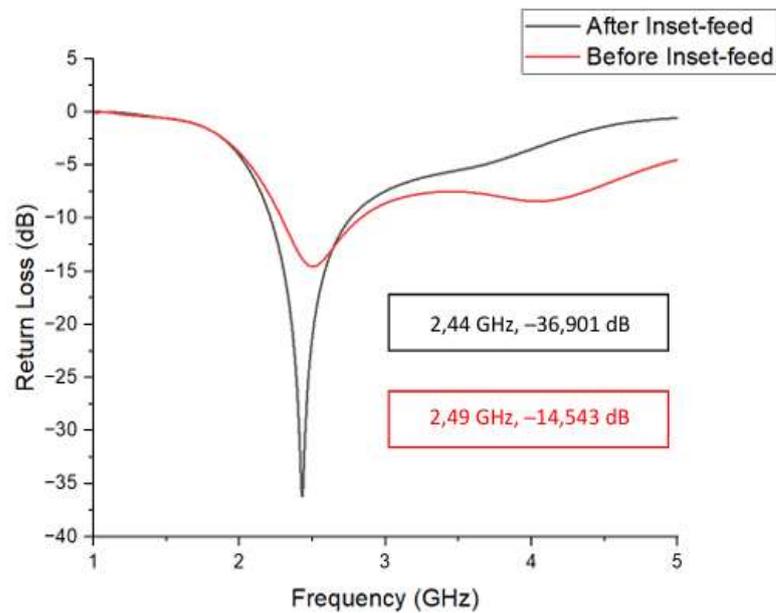
(b)

Sehingga untuk dimensi antenna dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Dimensi Antena *Circular Inset-feed*

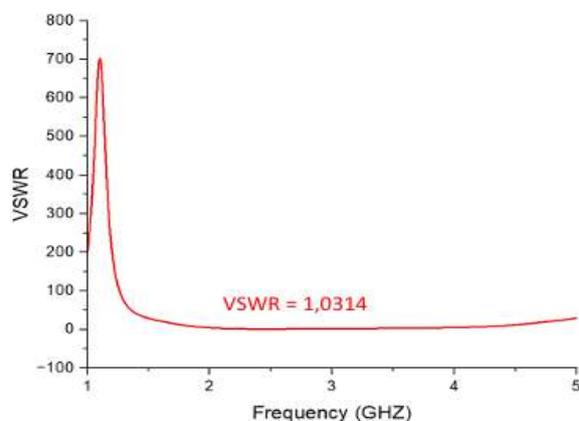
Parameter Antena	Ukuran (mm)
W_s	39,56
L_s	39,56
a	14,32
h	1,6
t	0,035
W_f	3
L_f	12,05
W_{if}	1
L_{if}	7

HASIL DAN DISKUSI



Gambar 2 Grafik Return loss Antena Circular Inset-feed

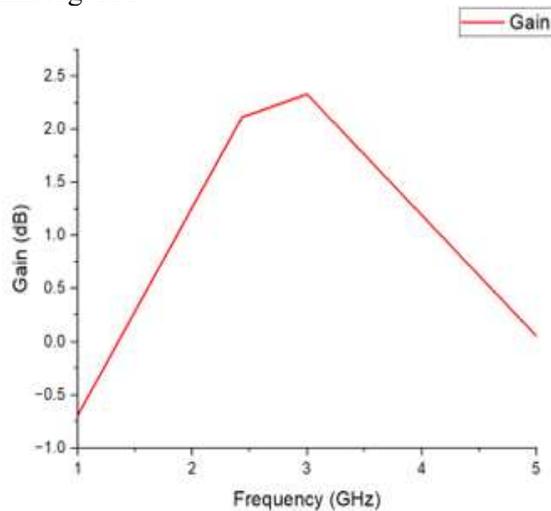
Pada Gambar 2 yang menunjukkan grafik return loss dari antena circular inset-feed memiliki nilai sebesar $-36,901$ dBi. Hal tersebut menunjukkan bahwa antena memiliki efisiensi kinerja yang baik dibandingkan dengan hasil antena circular konvensional yang hanya memiliki return loss > -20 dB. Artinya sebagian besar daya yang dikirim ke antena berhasil dipancarkan, dengan hanya sebagian kecil yang dipantulkan kembali ke sumber. Dalam desain antena, nilai return loss yang semakin rendah menunjukkan bahwa sekitar lebih dari 90% daya berhasil disalurkan ke antena (Prasojo and Wildan 2024). Oleh karena itu, nilai $-36,901$ dB ini menunjukkan pencocokan impedansi yang sangat baik. Nilai return loss tersebut juga lebih baik dibandingkan dengan desain konvensional sebelum diberi inset feed.



Gambar 3 Grafik VSWR Antena Circular Inset-feed

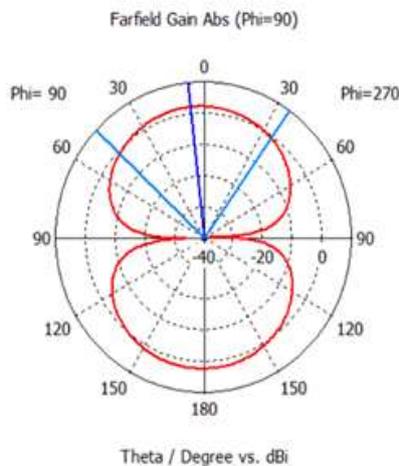
Pada Gambar 3 mengenai grafik hasil VSWR dari antena adalah sebesar 1,0314, dimana nilai tersebut telah memenuhi syarat VSWR yang ideal yaitu 1 yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan

(impedansi beban cocok sempurna dengan impedansi karakteristik saluran. Jika nilai VSWR lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa ada lebih banyak daya yang dipantulkan, sehingga kecocokan impedansi semakin buruk. Antena dengan cakupan frekuensi yang luas (broadband), bandwidth biasanya dinyatakan sebagai rasio antara frekuensi tertinggi dan frekuensi terendah dalam rentang operasional yang dapat diterima. Karena berbagai karakteristik antena seperti impedansi masukan, pola radiasi, dan gain bergantung pada frekuensi, maka bandwidth menjadi parameter penting dalam menentukan performa antena di berbagai aplikasi (Agustini and Nurhayati 2021). Pada penelitian ini, desain antena memiliki lebar bandwidth sebesar 546 MHz. Bandwidth tersebut cukup tinggi dan dapat digunakan dalam menunjang teknologi IoT.



Gambar 4 Grafik Gain Antena Circular Inset-feed

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa antena memiliki nilai gain sebesar 2,11 dBi. Antena dengan gain rendah cenderung memiliki pola radiasi yang menyebar luas, sedangkan antena dengan gain tinggi memiliki pola radiasi yang lebih sempit dan terfokus, memungkinkan pancarannya menjangkau jarak yang lebih jauh. Dalam hal ini, antena circular inset-feed dengan gain sebesar 2,11 dBi masih dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi jaringan nirkabel maupun IoT,



Gambar 5 Grafik Pola Radiasi Antena Circular Inset-feed

Antena circular inset-feed ini menunjukkan performa radiasi yang cukup baik untuk aplikasi IoT. Dengan gain sebesar 2,11 dBi dan lebar sudut $81,5^\circ$, antena mampu menyediakan cakupan sinyal yang luas dan seragam pada frekuensi 2,44 GHz. Pola radiasi directional memperkuat potensi penggunaannya dalam jaringan perangkat IoT yang tersebar. Pola radiasi berbentuk seperti angka delapan (figure-eight pattern) pada plane $\phi = 90^\circ$. Pola ini menandakan karakteristik directional, yang cocok untuk lingkungan terbuka atau dalam ruangan dengan banyak pemantulan sinyal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai desain antena circular dengan inset-feed, maka dapat diambil kesimpulan bahwa hasil simulasi menunjukkan bahwa antena circular inset-feed memiliki kinerja yang baik pada frekuensi 2,44 GHz dengan return loss sebesar $-36,901$ dBi dan VSWR sebesar 1,0314. Hal tersebut menunjukkan bahwa besar daya yang dipantulkan lebih sedikit dibandingkan besar daya yang diterima oleh antena, sehingga antena dapat bekerja lebih efisien dan memiliki kualitas yang baik. Bandwidth yang dihasilkan oleh antena circular inset-feed adalah sebesar 546 MHz yang artinya antena dapat bekerja pada jangkauan yang pendek namun dapat menyebar secara luas dan sangat cocok dalam penerapan IoT.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, Rizqi, and Nurhayati Nurhayati. 2021. "Improvement of Coplanar Vivaldi Antenna Radiation Patterns with Fractal Structure for Ultra-Wideband Applications." *INAJEEE Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering* 4(2): 44–50. Ara, Shabnam. 2022. "Design of Microstrip Patch Antenna for 2.4 GHz Application." 7(7): 121–27. Balanis, C.A. 2005. *John Wiley & Sons Antenna Theory: Analysis and Design*.
- Firdaus, R. A. et al. 2016. "Design of a Compact Antenna with Stub Using Stepped Impedance Resonator." *Proceeding - 2015 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications, ICRAMET 2015* 2(1): 24–27.
- Guzman, Joshbie Love A De, Alliah Cel C Villagomez, and Edwin R Arboleda. 2024. "Design and Optimization of Micro-Strip Patch Antennas for Wireless Communication Systems – A Literature Review." 5(7): 573–80.
- Hariato, Bambang Bagus et al. 2020. "Desain Antena Mikrostrip Circular Patch Menggunakan Insert Feeding Pada Frekuensi L-Band Untuk Aplikasi Psr." *Jurnal Penelitian Politeknik Penerbangan Surabaya Edisi XXX* 5(4): 240–49.
- Khidhir, Ali H. 2023. "Implementation of a Circular Shape Patch Antenna at 2.4 GHz for Different Wireless Communications." *Iraqi Journal of Science* 64(1): 205–14.
- Mohammed, Salim Mohammed, and Laith M. Al Taan. 2022. "Design and Construction of a Circular Microstrip Patch Antenna for Bluetooth Band Applications." *International Journal of Latest Engineering and Management Research (IJLEMR)* 3(10): 974–77.
- Prasojo, Muhamad Adimukti, and Muh Wildan. 2024. "Studi Pengaruh Perubahan Dimensi Groundplane Dan Panjang Line Pada Antena Mikrostrip Meander Line Frekuensi 332 Mhz." *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan* 12(3).
- Pratama, Shendi Yanda, and Fitri Elvira Ananda. 2022. "Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Dengan Inset-feed Dan Teknik DGS Untuk Meningkatkan Bandwidth Pada WiFi 2,45 GHz." *Spektral* 3(2): 145–50.
- R. A Firdaus, Dkk. 2024. "Optimisation of Octagonal Microstrip Antenna Characteristics Using Defected Ground Structure (DGS) For Wireless Communication." *International Journal of Microwave & Optical Technology*.
- Rana, Md Sohel, and Md Mostafizur Rahman Smieeee. 2022. "Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna for 5G Wireless Communication Systems." *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics* 11(6): 3329–37.
- Salim, Mohammed Mukdad, Laith Al Taan, Mohammed Salim Mohammed, and Laith M Al Taan.

-
2022. “Performances Comparison Study Between Circular and Rectangular Patch Antennas At 2.4 GHz Using CST.” Article in International Journal of Innovative Research & Growth 1: 597–601. www.allmultidisciplinaryjournal.com.
- Yudi Putranto, Agam et al. 2023. “Perancangan Antena Mikrostrip Circular Patch Dengan Inset-feed Dan Array Pada Frekuensi 3.5 GHz Untuk Sistem Komunikasi 5G.” Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika 22(1): 129–42.