



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

Optimalisasi Antena Rectangular Slotted Bowtie (RSB) Menggunakan Metode Pencocokan Inset feed Untuk Perangkat IoT

Optimization of Rectangular Slotted Bowtie (RSB) Antenna Using Inset feed Matching Method for IoT Applications

Adella Juniar Safitri^{1*}, Safina Ayu Damayanti², Dzulkifli³, Rohim Aminullah Firdaus⁴

¹⁻⁴Fakultas Maematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Corresponding Author: E-mail: adeliajuniarsafitri@gmail.com

Artikel Penelitian

Article History:

Received: 03 May, 2025

Revised: 04 Jun, 2025

Accepted: 17 Jun, 2025

Kata Kunci:

Rectangular Slotted Bowtie (RSB), Inset Feed, Perangkat IoT, Antena Mikrostrip

Keywords:

Rectangular Slotted Bowtie (RSB), Inset Feed, IoT Applications, Antenna Mictrostrip

ABSTRAK

Perkembangan Internet of Things (IoT) memerlukan akan antena nirkabel yang efisien serta juga hemat daya. Penelitian ini punya tujuan untuk mengoptimalkan antena Rectangular Slotted Bowtie (RSB) melalui pemakaian metode Inset feed untuk IoT pada frekuensi 2,4 GHz. Jenis simulasi Finite Difference Time Domain (FDTD) dipakai pada riset eksperimental serta perancangan yang berbasis CST Studio Suite 2019. Populasi penelitian meliputi suatu desain antena RSB dengan variasi di parameter-parameter geometris. Contohnya adalah dua konfigurasi dipilih secara sengaja yaitu dengan Inset feed atau tanpa itu. Desain Inset feed terbukti memiliki kinerja lebih baik pada penyesuaian suatu impedansi menurut penelitian dan penambahan nilai bandwidth sebesar 620 MHz yang membantu kinerja antena semakin baik. Lebar pita juga menjadi lebih baik di dalam desain itu. Dengan desain yang ringkas dan performa yang baik, antena ini sesuai bagi aplikasi IoT seperti yang dibutuhkan dalam monitoring lingkungan serta bagi system pertanian cerdas.

ABSTRACT

The development of the Internet of Things (IoT) demands wireless antennas that are both efficient and power-saving. This study aims to optimize a Rectangular Slotted Bowtie (RSB) antenna by applying the Inset Feed method for IoT applications operating at a frequency of 2.4 GHz. The Finite Difference Time Domain (FDTD) simulation technique was employed in this experimental research, utilizing CST Studio Suite 2019 as the primary design and analysis tool. The study population involved RSB antenna designs with variations in geometrical parameters, specifically comparing two configurations: one with Inset Feed and one without. The results show that the Inset Feed design provides superior impedance matching and an increased bandwidth of 0.62 GHz, which significantly enhances antenna performance. The improved bandwidth also contributes to more stable and broader frequency operation. With its compact design and high performance, the proposed antenna is well-suited for IoT applications such as environmental monitoring and smart agriculture systems.

DOI: [10.56338/jks.v8i6.7533](https://doi.org/10.56338/jks.v8i6.7533)

PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) semakin berkembang pesat sehingga telah memicu kebutuhan perangkat komunikasi nirkabel yang efisien, ringan, keandalan, jangkauan dan hemat daya (Pagano et al. 2023). Beragam sektor dan industri mulai dipengaruhi oleh keberadaan perkembangan IoT, adapun diantaranya yaitu manufaktur, komunikasi, energi industry, hingga pertanian. IoT berperan sebagai

perangkat untuk membantu memberikan informasi seputar lingkungan dan pengaturan nirkabelnya (Elijah and Mokayef 2019). Peran IoT memberikan manfaat cukup luas mulai dari peningkatan solusi dari banyaknya masalah pertanian tradisional seperti respon kekeringan, optimalisasi hasil panen, kesesuaian lahan, irigasi, dan pengendalian hama (Ayaz et al. 2019).

Dalam konteks ini, antena memegang peranan krusial sebagai penghubung utama antara perangkat IoT dan jaringan. Antena merupakan salah satu inovasi dalam bidang telekomunikasi untuk sistem komunikasi modern yang memenuhi kebutuhan. Perangkat antena memiliki ukuran yang relative kecil dan ringan, sehingga dapat digunakan pada aplikasi IoT (Elijah and Mokayef 2019). Beragam jenis antena yang tersedia, antena *mikrostrip* menawarkan keunggulan signifikan dalam hal ukuran yang ringkas, biaya produksi yang relatif rendah, serta kemudahan integrasi pada papan sirkuit tercetak (PCB). Antena *mikrostrip* konvensional seringkali dihadapkan pada keterbatasan *bandwidth* dan efisiensi radiasi yang kurang optimal untuk memenuhi tuntutan aplikasi IoT yang beragam (Gorai, Pal, and Ghatak 2017). Untuk menunjang kinerja IoT memerlukan usulan desain antena yang dapat menyesuaikan frekuensi kerjanya dan manajemen lebar jangkauan (Montaser 2023). Frekuensi yang baik pada aplikasi nirkabel yaitu dalam rentang 2,4 hingga 2,485 GHz (Nataraj and Prabha, K 2021).

Antena *Rectangular Slotted Bowtie* (RSB) muncul sebagai modifikasi menarik dari bentuk *bowtie* tradisional, dengan penambahan slot yang dirancang untuk memperluas *bandwidth* operasional dan meningkatkan karakteristik radiasinya. Untuk mengoptimalkan kinerja antena RSB ini agar sesuai dengan kebutuhan perangkat IoT, khususnya pada frekuensi kerja yang umum digunakan seperti 2.4 GHz (untuk protokol Wi-Fi, ZigBee, dan Bluetooth), teknik pencocokan impedansi menggunakan metode *inset feed* menjadi pilihan yang menjanjikan (Pratama and Ananda 2022). Metode ini dikenal efektif dalam meminimalkan nilai *return loss*, yang secara langsung berkorelasi dengan peningkatan efisiensi transmisi sinyal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengoptimalkan antena RSB dengan mengimplementasikan metode pencocokan *inset feed*, dengan harapan dapat menghasilkan desain antena yang sesuai dan efektif untuk aplikasi perangkat IoT pada frekuensi 2.4 GHz (Abdurrahman 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terkait antena fleksibel menggunakan desain antenna *rectangular inset feed patch mikrostrip* untuk frekuensi 2,4 Ghz yang menghasilkan frekuensi baik dan resonansi yang cukup (Lin et al. 2022). Pada desain mikrostrip tersebut jika digunakan diperlukan perhatian khusus untuk mengatasi kekurangannya yaitu pada gain rendah, *bandwidth* minimum, menimbulkan gelombang permukaan dan radiasi dari tepi. Antena rectangular memiliki keunggulan dalam hal *bandwidth* yang dapat disesuaikan dan pola radiasi yang dapat diprediksi, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi IoT yang membutuhkan stabilitas koneksi (Chakraborty et al. 2012; Khan et al. 2024; Thaher and Jamil 2018). Untuk peningkatan *bandwidth* impedansi lebar maka antena dengan *bowtie* slot juga diusulkan dan telah menghasilkan desain antenna low-profile wideband dengan *bowtie* slot bertujuan agar struktur antenna lebih kompak, *bandwidth* dengan impedansi lebar.

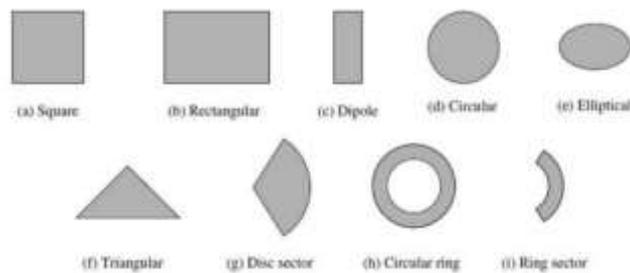
Penelitian ini mengusulkan desain antena *Rectangular Slotted Bowtie* (RSB). keterbaruan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan dua variasi antena *rectangular* yang diberikan *inset feed* dan slot berbentuk *bowtie* guna menghasilkan spesifikasi yang baik. Antena yang diusulkan bertujuan untuk memberikan *bandwidth* yang lebar dengan frekuensi kerjanya 2.4 GHz (Nataraj and Prabha, K 2021). Sehingga dengan dilakukan penelitian ini, bertujuan agar mendapatkan antenna dengan struktur kompak, biaya rendah, desain fleksibel, serta juga spesifikasi memadai dimulai dari frekuensi, gain, VSWR baik, hingga *bandwidth* yang lebar (Hilary Scott Nkimbeng, Wang, and Park 2021).

LANDASAN TEORI

Antena Mikrostrip

Antena adalah sebuah komponen atau perangkat yang digunakan untuk mentransmisikan dan

menerima gelombang elektromagnetik (Mahapatra et al. 2023). Antena dapat bekerja pada frekuensi operasinya sendiri, tergantung pada pengaplikasiannya sehingga pengembangan antena sangat pesat agar memenuhi tuntutan teknologi yang semakin canggih (Hadiwiyatno, Anshori, and Wirayoga 2022). Antena *patch* atau mikrostrip adalah jenis antena yang memiliki bentuk papan tipis dan mampu mengoperasikan frekuensi tinggi. Sejak tahun 1970-an, desain antena mikrostrip telah dikembangkan. Antena mikrostrip memiliki banyak keuntungan, seperti ukurannya yang kecil, beratnya yang ringan, biaya fabrikasi yang rendah, dan kemudahan integrasinya. Karena kemampuan untuk beroperasi pada frekuensi tinggi, antena ini banyak digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel (Mahapatra et al. 2023). Bentuk *patch* antena mikrostrip beragam, diantaranya persegi, persegi panjang, lingkaran, elips dan segitiga. Karakteristik kinerja antena seperti *return loss*, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi dipengaruhi secara langsung oleh variasi bentuk ini yang dapat dilihat Gambar 1.



Gambar 1 Macam-macam bentuk *patch* (A. Balanis 2005; Ferry et al. 2021; M. S. Rana et al. 2022).

Ukuran dan bentuk *patch* adalah dua komponen utama yang mempengaruhi kinerja antena mikrostrip. Perubahan pada dimensi dan konfigurasi *patch* dapat mengubah fitur antena, terutama *return loss* dan *bandwidth*, secara signifikan. Oleh karena itu, mengoptimalkan bentuk dan ukuran *patch* adalah bagian penting dari perancangan antena mikrostrip untuk memenuhi kebutuhan tertentu untuk tujuan tertentu. Terdapat parameter pengukuran berdasarkan perhitungan disetiap bidang diantaranya dari substrat, *patch* rectangular, dan slot *bowtie*. substrat yang digunakan adalah FR-4 dengan nilai permitifitas dielektrik sebesar 4,3 (Mahbub et al. 2021; Nataraj and Prabha, K 2021; S. Rana 2022). Pemilihan bahan FR-4 didasarkan pada karakteristik material yang sesuai untuk aplikasi antena mikrostrip dan kemudahan dalam proses fabrikasi. Adapun persamaan sebagai perhitungan permitifitas dielektrik, *patch*, dan slot ada sebagai berikut:

Permitifitas dielektrik mempengaruhi kinerja antena melalui persamaan berikut yang digunakan dalam proses perancangan:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-1/2} \quad (1)$$

Persamaan tersebut dapat digunakan untuk mengukur lebar *patch* (W) dari desain rectangular yaitu:

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

Pengukuran panjang *patch* (L) perlu dilakukan menggunakan L_{eff} yaitu :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0,412h \left(\frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8 \right)} \right) \quad (4)$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (5)$$

Matching Impedance dengan Inset feed

Teknik pencatuan adalah bagian penting dari desain antenna mikrostrip karena berfungsi sebagai mekanisme untuk mengirimkan energi elektromagnetik dengan efektif ke elemen pemancar. Teknik *inset feed* adalah salah satu metode pencatuan yang paling baik untuk mencapai hasil terbaik karena melibatkan perubahan pada saluran mikrostrip dengan menambahkan celah yang menjorok langsung ke dalam elemen *patch* antenna. Konfigurasi geometris dari umpan masuk ini memungkinkan kontrol yang lebih fleksibel atas impedansi input antenna (Pramarta and Mardiyati 2024; Pratama and Ananda 2022). Metode ini dapat digunakan secara efektif untuk mencapai penyepadanan impedansi antara saluran transmisi mikrostrip dan elemen *patch* antenna. Selain itu, penggunaan metode umpan *inset feed* secara khusus ditujukan untuk mencapai penyepadanan impedansi yang lebih baik, yang pada gilirannya akan meningkatkan transfer daya maksimum dan mengurangi refleksi sinyal kembali ke sumber (Abdurrahman 2018). Oleh karena itu, umpan *inset feed* menjadi pilihan yang menarik untuk digunakan jika Anda ingin mencapai tujuan ini. Agar mencapai *matching impedance* dengan menggunakan *inset feed* pada saluran pencatuan. Panjang *inset feed* didapatkan dalam perhitungan dan pada lebarnya bisa menggunakan ukuran 1 mm:

$$\text{Inset Feed} = \frac{L}{3} \quad (6)$$

Slotted bowtie

Penambahan slot pada *patch* antenna berfungsi untuk membantu memperluas *bandwidth* dan peningkatan gain atau pola radiasi, sehingga antenna dapat bekerja lebih optimal pada frekuensi 2,4 GHz. Teknik slot dilakukan dengan menambahkan celah pada *patch* antenna yang dapat dimodifikasi beragam bentuk mulai dari huruf atau bentuk lainnya. Slot tersebut dapat mereduksi dimensi antenna dan memperlebar *bandwidth*. Teknik slot dapat digunakan dalam berbagai jenis antenna mikrostrip baik dari antenna berbentuk persegi panjang sampai ke lingkaran. Sehingga, strategi yang efektif untuk meningkatkan kinerja antenna dari *bandwidth* dan polaradiasi adalah dengan penggunaan slot (Manalu et al. 2024; Pramarta and Mardiyati 2024). Penggunaan slot *bowtie* dalam desain antenna mikrostrip rectangular dapat ditentukan berdasarkan:

Menentukan sisi segitiga (s)

$$s = \frac{2c}{3f \times \sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

Dimana,

s = Sisi segitiga/lebar segitiga (mm)

c = Kecepatan cahaya di ruang bebas (m/s)

f = Frekuensi kerja (GHz)

ϵ_r = Konstanta dielektrik

Kemudian, pada Panjang gelombang 90° dalam mencari nilai lebar dan Panjang segitiga dapat menggunakan nilai s pada persamaan berikut:

$$s = \frac{1}{4} \times W_{sgt} \quad (8)$$

$$s = \frac{1}{4} \times L_{sgt} \quad (9)$$

Dimana,

W_s = Lebar sisi segitiga (mm)

L_s = Panjang sisi segitiga (mm)

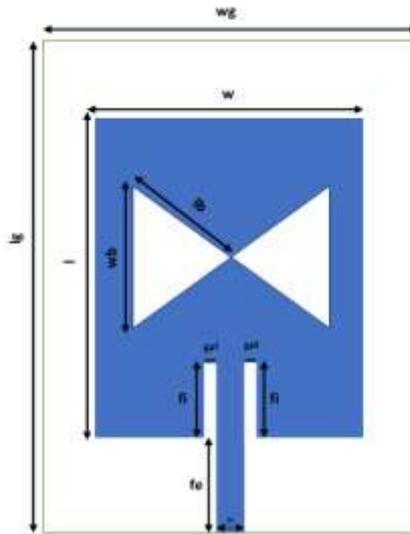
METODE

Antena dengan struktur *patch* rectangular yang diberikan *inset feed* dan slot berbentuk *bowtie*

disulkan pada penelitian ini dapat diperhatikan dalam ilustrasi gambar 2. *Metode Finite Difference Time Doman* (FDTD) digunakan untuk mensimulasikan karakteristik yang sesuai spesifikasi diantaranya mulai dari frekuensi resonansi, VSWR, *gain*, *return loss*, *bandwidth*, dan pola radiasi. Desain antenna RSB dibuat menggunakan software *CST Studio Suite 2019*, dimana perancangan antenna *Rectangular Slotted Bowtie* (RSB) terdiri dari *patch*, *feedline*, *inset feed*, dan tanpa ground. Adapun parameter disetiap bagian antenna disajikan pada tabel 1.

Table 1. Parameter Perancangan Desain Antena RSB

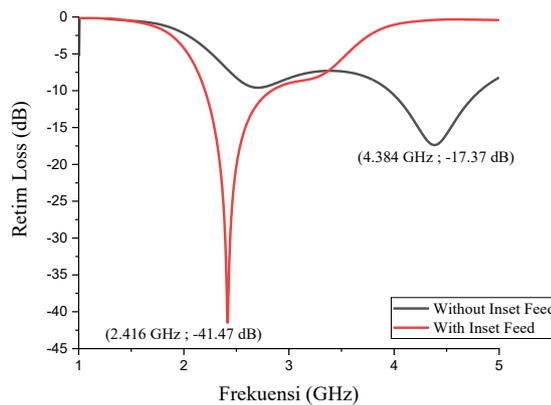
Dimension	Size (mm)	Dimension	Size (mm)
Wg	30	fi	8
Lg	38	gpf	1
t	0.035	le	1.5
h	1.6	fe	1
w	23.89	lb	9
l	27.92	wb	8.2



Gambar 2. Rancangan Desain Antena RSB

HASIL DAN DISKUSI

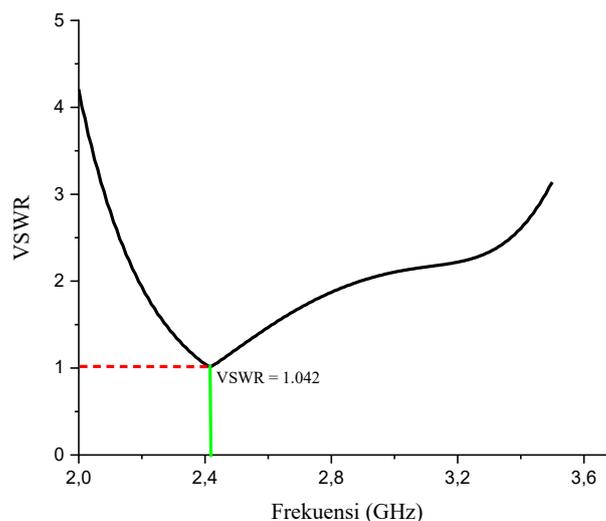
Pada penelitian ini, kami menyajikan analisis perbandingan dari desain antenna untuk aplikasi IoT: desain rectangular slot *bowtie* tanpa inset feed, dan *Rectangular Slotted Bowtie* (RSB) dengan inset feed. Berdasarkan hasil simulasi yang ditampilkan pada Gambar 3, peningkatan signifikan terlihat pada desain rectangular slot *bowtie* dengan *inset feed* yang mencapai *return loss* -41,47 dB, VSWR 1,042, dan *bandwidth* 620 MHz. Hal ini menunjukkan peningkatan substansial dibandingkan desain rectangular slot *bowtie* dasar tanpa *inset feed* (*return loss*: -17,37 dB). Analisis rinci parameter kinerja desain yang dioptimalkan dan implikasinya untuk aplikasi IoT akan dibahas pada bagian desain antenna rectangular slot *bowtie* dengan inset feed.



Gambar 3. Grafik *Return loss* Desain Antena RSB

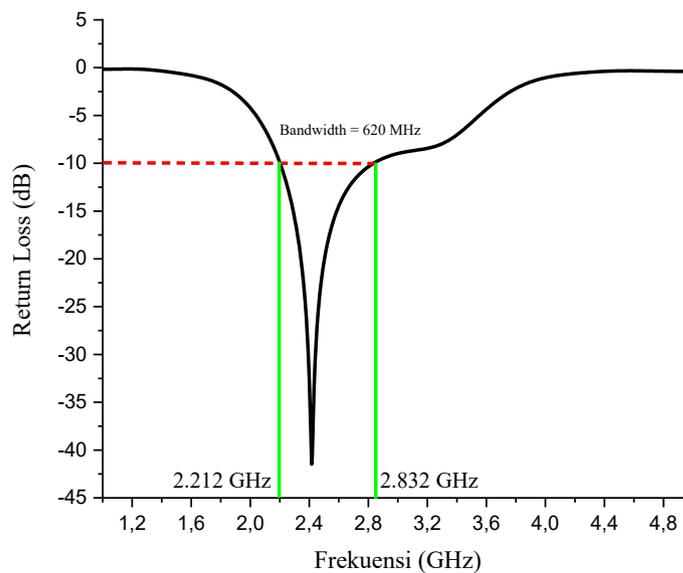
Analisis dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi antena *Rectangular Slotted Bowtie* (RSB) yang menggunakan metode pencocokan *inset feed* dengan hasil pengukuran antena yang dihasilkan tanpa menggunakan metode tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Di frekuensi kerja 2,416 GHz, desain antena dengan feed tambahan menghasilkan nilai *return loss* sebesar -41 dB, menunjukkan pencocokan impedansi yang luar biasa dan jumlah energi yang dipantulkan kembali ke sumber. Sebaliknya, hasil pengukuran pada antena yang tidak memiliki umpan tambahan menunjukkan nilai kehilangan kembali sebesar -17,37 dB pada frekuensi 4,364 GHz. Ini bukan hanya lebih rendah daripada yang diinginkan, tetapi juga jauh dari frekuensi target IoT, yang sekitar 2,4 GHz.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa metode umpan tambahan tidak hanya mampu meningkatkan efisiensi antena secara signifikan, tetapi juga sangat penting untuk mengunci frekuensi kerja antena agar sesuai dengan spesifikasi sistem komunikasi IoT. Dengan kata lain, kehadiran umpan tambahan dalam struktur antena RSB terbukti sangat efektif dalam memperbaiki karakteristik hilangnya kembali sekaligus menyesuaikan kinerja antena untuk memenuhi persyaratan sistem nirkabel 2,4 GHz.



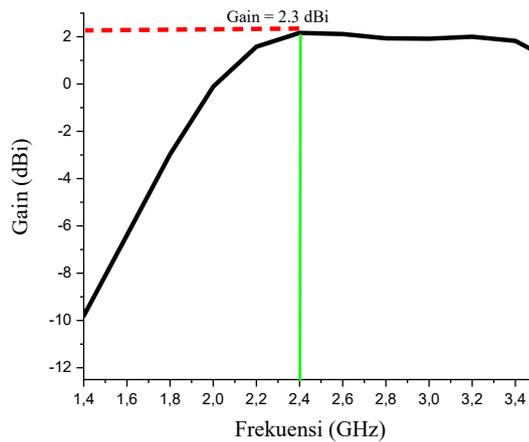
Gambar 4. Grafik VSWR Desain Antena RSB

Hasil data simulasi nilai **VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)** menunjukkan nilai yang sangat baik, yaitu **1,042**. Nilai VSWR dinyatakan baik karena berdasarkan teori dengan VSWR bernilai 1 ini mengindikasikan bahwa antenna memiliki pencocokan impedansi yang sangat baik dengan saluran transmisi (biasanya 50 ohm) (Zhang et al. 2024), sehingga energi yang dipancarkan atau diterima oleh antenna hampir tidak ada yang dipantulkan kembali. Secara teori nilai $VSWR < 2$ dianggap baik untuk sebagian besar aplikasi antenna (A. Balanis 2016), (Umayah and Srivastava 2019) dan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini jauh di bawah batas tersebut sehingga menunjukkan efisiensi antenna yang tinggi penelitian ini jauh di bawah batas tersebut sehingga menunjukkan efisiensi antenna yang tinggi. Kesesuaian antara hasil simulasi dan pengukuran juga mengindikasikan bahwa desain antenna telah dioptimalkan dengan baik, dan proses fabrikasi tidak menyebabkan penyimpangan signifikan dari desain awal.



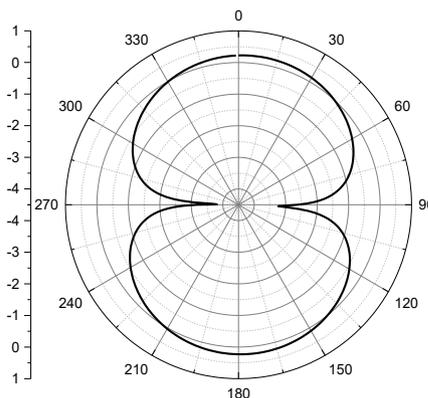
Gambar 5. Grafik Nilai *Bandwidth* Desain Antena RSB

Antena **RSB** memiliki *bandwidth* sebesar **620 MHz**, dengan rentang frekuensi operasi dari **2,212 GHz** hingga **2,832 GHz**. *Bandwidth* yang lebar ini mengindikasikan bahwa antenna mampu beroperasi secara efektif pada rentang frekuensi yang luas, yang sangat penting untuk aplikasi IoT dalam sistem pertanian cerdas. *Bandwidth* yang besar memungkinkan antenna untuk mendukung berbagai protokol komunikasi nirkabel, seperti WiFi (2,4 GHz dan 5 GHz), Bluetooth, dan Zigbee, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan kompatibilitas sistem (Abdulkawi et al. 2021; Kamilaris et al. 2016). Nilai *bandwidth* sebesar **620 MHz** juga menunjukkan bahwa antenna RSB dapat menangani transmisi data dengan kecepatan tinggi, yang diperlukan untuk aplikasi real-time seperti monitoring kelembaban tanah, suhu, atau pH dalam sistem pertanian cerdas (Abdulkawi et al. 2021). *Bandwidth* yang lebar ini juga mengurangi risiko interferensi dari perangkat lain yang bekerja pada frekuensi yang sama, sehingga meningkatkan keandalan komunikasi, mendukung komunikasi data yang stabil dan cepat antara sensor IoT dan pusat kontrol (A. Balanis 2016).



Gambar 6. Grafik Nilai *Gain* Desain Antena RSB

Antena **RSB** menghasilkan **gain** sebesar **2,3 dBi** pada frekuensi operasi **2,4 GHz**. Nilai gain ini mengindikasikan bahwa antenna memiliki kemampuan yang baik untuk memancarkan sinyal dengan kekuatan yang cukup, sehingga dapat meningkatkan jangkauan dan kualitas komunikasi dalam sistem sinyal dibandingkan dengan antenna isotropik yaitu antenna ideal yang memancarkan sinyal sama ke semua arah (A. Balanis 2016). Slot pada antenna berperan dalam meningkatkan respons frekuensi dan gain, sementara struktur *bowtie* membantu dalam memperluas pola radiasi (Garg et al. 2001).



Gambar 7. Gambar Pola Radiasi Desain Antena RSB

Gambar polar plot yang kita lihat, antenna RSB punya pola radiasi yang mengarah (*directional*) dengan gain 2,3 dBi artinya sinyal yang dipancarkannya cukup kuat untuk ukuran antenna kecil seperti ini. Yang menarik, arah pancaran terkuatnya nggak lurus ke depan, tapi agak miring sekitar 7°. Ini masih wajar kok untuk antenna planar, dan nggak pengaruhin performa secara signifikan. Lebar sudut radiasinya sekitar 81,3°, yang berarti antenna ini bisa menjangkau area cukup luas. Ini cocok banget buat perangkat IoT di ruangan atau lingkungan dengan banyak perangkat, karena sinyalnya bisa nyebar merata tanpa perlu diarahin dengan presisi.

Optimalisasi antenna *Rectangular Slotted Bowtie* (RSB) dengan penerapan metode *inset feed* pada antenna RSB secara signifikan terbukti untuk meningkatkan kinerja antenna, terutamanya dalam

perluasan *bandwidth* dan juga pencocokan impedansi. Simulasi menunjukkan hasil penambahan *inset feed* peroleh *return loss* -41,47 dB serta VSWR 1,042 jauh lebih baik daripada -17,37 dB hasil dari antenna tanpa *inset feed*. Pernyataan bahwa teknik *inset feed* efektif di dalam mengurangi refleksi sinyal dan meningkatkan transfer daya selaras dengan penelitian (Pratama and Ananda 2022). Walau bagaimanapun, (Abdurrahman 2018) dalam penyelidikan yang sebelumnya itu hanya berfokus pada antenna mikrostrip yang konvensional. Ini menyebabkan *bandwidth* yang lebih sempit disebabkan oleh ketiadaan slot. Kombinasi slot *bowtie* serta *inset feed* adalah keunggulan penelitian ini, yang memperlebar *bandwidth* hingga 620 MHz dan memperbaiki impedansi. Temuan ini mendukung suatu penelitian oleh (Hilary Scott Nkimbeng, Wang, and Park 2021) mengenai antenna low-profile wideband, tetapi dengan inovasi tambahan yaitu struktur slot yang lebih ringkas. Keberhasilan ini juga kontras terhadap penelitian (Gorai, Pal, and Ghatak 2017) yang menggunakan desain fractal, dimana meskipun *bandwidth* lebar tercapai, efisiensi kurang pada frekuensi target IoT. Integrasi *inset feed* dan slot *bowtie* pada antenna RSB memberikan solusi optimal. Ini cocok untuk aplikasi IoT yang membutuhkan stabilitas serta fleksibilitas frekuensi.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil dalam merancang serta mengoptimalkan antenna *Rectangular Slotted Bowtie* (RSB) menggunakan metode pencocokan *inset feed* untuk aplikasi perangkat IoT pada frekuensi 2,4 GHz. Kinerja antenna RSB dengan *inset feed* berdasarkan hasil dari simulasi meliputi *return loss* -41,47 dB, VSWR 1,042, gain 2,3 dBi, pola radiasi *directional* dan *bandwidth* 620 MHz sehingga memenuhi kriteria stabilitas serta efisiensi komunikasi nirkabel. Teknik *inset feed* serta slot *bowtie* terbukti efektif dalam menambah *bandwidth* serta meningkatkan gain. Antena ini cocok untuk berbagai protokol IoT seperti Wi-Fi, Bluetooth, dan Zigbee karena keefektifannya. Penyediaan solusi antenna yang berbiaya rendah, kompak, juga berkinerja tinggi untuk sistem pertanian cerdas serta monitoring lingkungan merupakan implikasi praktis dari penelitian ini. Guna memvalidasi hasil simulasi, penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi tentang pengujian serta fabrikasi antenna RSB dalam kondisi yang realistik.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Balanis, Constantine. 2005. *Library Antenna Theory Analysis and Design Third Edition* (BOOK).
- A. Balanis, Constantine. 2016. "Antena Theory: Analysis And Design 4th Edition." : 6.
- Abdulkawi, Wazie M., Abdel Fattah A. Sheta, Ibrahim Elshafiey, and Majeed A. Alkanhal. 2021. "Design of Low-Profile Single-and Dual-Band Antennas for Iot Applications." *Electronics* (Switzerland) 10(22). doi:10.3390/electronics10222766.
- Abdurrahman, Fiqqi. 2018. "DESAIN ANTENA MIKROSTRIP RECTANGULAR UNTUK WIFI PADA FREKUENSI 2,462 GHz DAN 5,52 GHz." *Skripsi Universitas Islam Indonesia*: 1–38.
- Ayaz, Muhammad, Mohammad Ammad-Uddin, Zubair Sharif, Ali Mansour, and El Hadi M. Aggoune. 2019. "Internet of Things (IoT) Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk." *IEEE Access* 7: 129551–83.
- Chakraborty, Mrinmoy, Biswarup Rana, P.P. Sarkar, and Achintya Das. 2012. "Design and Analysis of a Compact Rectangular Mikrostrip Antenna with Slots Using Defective Ground Structure." *Procedia Technology* 4(December 2012): 411–16. doi:10.1016/j.protcy.2012.05.064.
- Elijah, Adewale Ayomikun, and Mastaneh Mokayef. 2019. "Miniature Mikrostrip Antenna for IoT Application." *Materials Today: Proceedings* 29(November 2018): 43–47. doi:10.1016/j.matpr.2020.05.678.
- Ferry, Syahrial, Hubbul Walidainy, and Ahmadiar Ahmadiar. 2021. "Simulasi Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array Empat Elemen Untuk Penerima FPV 5,8 Ghz Pada Wahana UAV." *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro* 6(2): 15–20. doi:10.24815/kitektro.v6i2.21431.
- Garg, Ramesh, Prakash Bhartia, Inder Bahl, and Apisak Ittipiboon. 2001. "Mikrostrip Antenna Design

- Handbook.Pdf.”
- Gorai, Abhik, Manimala Pal, and Rowdra Ghatak. 2017. “A Compact Fractal-Shaped Antenna for Ultrawideband and Bluetooth Wireless Systems with Wlan Rejection Functionality.” *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters* 16: 2163–66. doi:10.1109/LAWP.2017.2702208.
- Hadiwiyatno, Moh. Abdullah Anshori, and Septriandi Wirayoga. 2022. “PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP MIMO 2X1 UNTUK FREKUENSI KERJA 2G DAN 5G PADA ACCESS POINT Archer C2.” *Jurnal Teknik Ilmu Dan Aplikasi* 3(2): 80–84. doi:10.33795/jtia.v3i1.107.
- Hilary Scott Nkimbeng, C H O, Heesu Wang, and Ikmo Park. 2021. “Low-Profile Wideband Unidirectional Circularly Polarized Metasurface-Based Bowtie Slot Antenna.” *IEEE Access* 9: 134743–52. doi:10.1109/ACCESS.2021.3116714.
- Kamilaris, Andreas, Feng Gao, Francesc X. Prenafeta-Boldu, and Muhammad Intizar Ali. 2016. “Agri-IoT: A Semantic Framework for Internet of Things-Enabled Smart Farming Applications.” 2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2016 (December): 442–47. doi:10.1109/WF-IoT.2016.7845467.
- Khan, Sunawar, Tehseen Mazhar, Tariq Shahzad, Afsha Bibi, Wasim Ahmad, Muhammad Amir Khan, Mamoon M. Saeed, and Habib Hamam. 2024. “Antenna Systems for IoT Applications: A Review.” *Discover Sustainability* 5(1). doi:10.1007/s43621-024-00638-z.
- Lin, Hai, Wen Yu, Fangshun Deng, Baihui Liao, and Rongxin Tang. 2022. “A Compact Wideband Dual-Polarized Base Station Antenna Using Asymmetric Dipole.” *IEEE Open Journal of Antennas and Propagation* 3(November 2021): 189–95. doi:10.1109/OJAP.2021.3139453.
- Mahapatra, Ranjan Kumar, Gnane Swarnadh Satapathi, Pradeep Kumar, Akshith N. Shetty, Shashwath Shettigar, J. P. Abhinav, B. Shivalal Patro, and Dipika Satapathy. 2023. “Design and Analysis of Mikrostrip Patch Antenna.” *ICRTEC 2023 - Proceedings: IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics and Communication: Upcoming Technologies for Smart Systems: 1–6*. doi:10.1109/ICRTEC56977.2023.10111920.
- Mahbub, Fardeen, Shouherdho Banerjee Akash, Sayed Abdul Kadir Al-Nahiun, Rashedul Islam, Raja Rashidul Hasan, and Md Abdur Rahman. 2021. “Mikrostrip Patch Antenna for the Applications of WLAN Systems Using S-Band.” 2021 IEEE 11th Annual Computing and Communication Workshop and Conference, CCWC 2021: 1185–89. doi:10.1109/CCWC51732.2021.9376114.
- Manalu, Muhammad Fauzi, Muh Wildan, M Faisal, and Yoga Dewantara. 2024. “Rancangan Antena Mikrostrip Rectangular Patch Dengan Tambahan Slot Untuk Aplikasi Antena Cuaca.” *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya* 5(2): 98–106. <https://jres1.ejournal.unsri.ac.id/index.php/jres/article/view/108>.
- Montaser, Ahmed M. 2023. “Machine Learning Based Design of Pattern Reconfigurable Antenna.” *IEEE Access* 11(February): 33121–33. doi:10.1109/ACCESS.2023.3263581.
- Nataraj, B, and R Prabha, K. 2021. “Design and Analysis of 2 . 4GHz Rectangular Inset Fed Mikrostrip Patch Antenna for Wi-Fi and WLAN Applications.” 2021 Smart Technologies, Communication and Robotics (STCR) (October): 1–4. doi:10.1109/STCR51658.2021.9588889.
- Pagano, Antonino, Daniele Croce, Ilenia Tinnirello, and Gianpaolo Vitale. 2023. “A Survey on LoRa for Smart Agriculture: Current Trends and Future Perspectives.” *IEEE Internet of Things Journal* 10(4): 3664–79. doi:10.1109/JIOT.2022.3230505.
- Pramarta, Pandhu, and Sri Mardiyati. 2024. “Perancangan Antena Mikrostrip Menggunakan Inset Dan Slot Untuk Sistem Komunikasi 5G Pada.” *Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer* 8: 1041–51.
- 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. doi:10.32722/spektral.v3i2.5359.
- Rana, Md Sohel, Shuvashis Biswas Rana, S. K. Ikramul Islam, Md Toukir Ahamed, Hafeejur Rahman,

- Mohammad Mahmudul Hasan, Md Raihanujjaman Reyad, Shagor Sarker, and Md Mostafizur Rahman. 2022. "Design and Performance Analysis of S-Band Mikrostrip Patch Antenna for Wireless Applications." 4th International Conference on Circuits, Control, Communication and Computing, I4C 2022: 138–42. doi:10.1109/I4C57141.2022.10057701.
- Rana, Sohel. 2022. "Study of Mikrostrip Patch Antenna for Wireless Communication System." 2022 International Conference for Advancement in Technology (ICONAT) (2): 1–4. doi:10.1109/ICONAT53423.2022.9726110.
- Thafer, Raad H., and Zainab S. Jamil. 2018. "Design of Dual Band Mikrostrip Antenna for Wi-Fi and WiMax Applications." *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)* 16(6): 2864–70. doi:10.12928/TELKOMNIKA.v16i6.10016.
- Umayah, Erhiega N., and Viranjay M. Srivastava. 2019. "Comparative View of Return loss, VSWR, Gain, and Efficiency of Cylindrical Surrounding Patch Antenna with Frequency Shift." *International Journal of Electrical and Electronic Engineering and Telecommunications* 8(6): 352–57. doi:10.18178/ijeetc.8.6.352-357.
- Zhang, Jinhua, Shi Dong, Deema Mohammed Alosekait, Imran Khan, Pi Chung Wang, and Ibrahim A. Hameed. 2024. "Design and Performance Optimization of a Novel Lens Antenna for Emerging beyond 5G Wireless Applications." *Frontiers in Materials* 11(September): 1–10. doi:10.3389/fmats.2024.1479398.