

Perancangan Dan Realisasi Antena Microstrip Circular Patch Array Empat Elemen Pada Frekuensi 920-923 MHz Untuk Komunikasi LoRa

Design And Realization Of A Four-Element Microstrip Circular Patch Array Antenna At 920-923 MHz For LoRa Communication

Putri Asti Meilani¹, Dwi Widya Anggraeni², Sifa Nurpadillah³, Ahmad Hasyim⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Garut

Jl. Jati No. 42B Tarogong, Garut 44151 – Jawa Barat – Indonesia

asti4489@gmail.com¹, dwiwiidyaanggraeni22@gmail.com²

Abstrak – Long Range Access (LoRa) merupakan teknologi komunikasi nirkabel berdaya rendah yang termasuk kategori Low Power Wide Area Network (LPWAN) dan beroperasi pada frekuensi 920–923 MHz sesuai regulasi di Indonesia. Salah satu faktor penting dalam meningkatkan kinerja sistem LoRa adalah penggunaan antena yang efisien dan sesuai karakteristik kanal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, merealisasikan, dan menganalisis antena mikrostrip circular patch array empat elemen pada frekuensi 920–923 MHz guna meningkatkan gain dan kualitas komunikasi LoRa. Metode yang digunakan meliputi perhitungan teoretis, simulasi 3D menggunakan CST Studio Suite 2019, fabrikasi antena berbahan FR4 Epoxy ($\epsilon_r = 4.4$), serta pengukuran menggunakan Vector Network Analyzer (VNA). Hasil simulasi menunjukkan VSWR 1,4186, return loss $-12,446$ dB, gain 5,118 dBi, dan bandwidth 3,43 MHz. Hasil pengukuran menunjukkan VSWR 3,0926, return loss $-5,8318$ dB, gain 4,8357 dBi, sedangkan bandwidth tidak terukur karena $VSWR \geq 2$. Pola radiasi simulasi pada bidang elevasi bersifat unidirectional, sementara hasil pengukuran mendekati bidirectional, dan pada bidang azimuth menunjukkan pola omnidirectional. Perbedaan hasil simulasi dan pengukuran disebabkan oleh toleransi fabrikasi dan faktor lingkungan, namun antena yang dirancang masih menunjukkan potensi tinggi untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem komunikasi LoRa.

Kata Kunci: Antena, Array, Circular Patch, LoRa, Mikrostrip

Abstract – Long Range Access (LoRa) is a low-power wireless communication technology categorized under the Low Power Wide Area Network (LPWAN) standard, operating at 920–923 MHz according to Indonesian regulations. One of the key factors to enhance LoRa system performance is the use of an efficient and well-matched antenna. This study aims to design, fabricate, and analyze a four-element microstrip circular patch array antenna operating at 920–923 MHz to improve gain and communication quality. The method includes theoretical calculation, 3D simulation using CST Studio Suite 2019, fabrication with FR4 Epoxy substrate ($\epsilon_r = 4.4$), and measurement using a Vector Network Analyzer (VNA). Simulation results show a VSWR of 1.4186, return loss of -12.446 dB, gain of 5.118 dBi, and bandwidth of 3.43 MHz. Measurement results show a VSWR of 3.0926, return loss of -5.8318 dB, and gain of 4.8357 dBi, while bandwidth could not be determined because $VSWR \geq 2$. The radiation pattern in the elevation plane was unidirectional in simulation but nearly bidirectional in measurement, and the azimuth pattern was omnidirectional in both cases. Although some differences occur between simulation and measurement results, the antenna shows strong potential for further development in LoRa applications.

Keywords: LoRa, Microstrip Antenna, Circular Patch Array, Wireless Communication, LPWAN

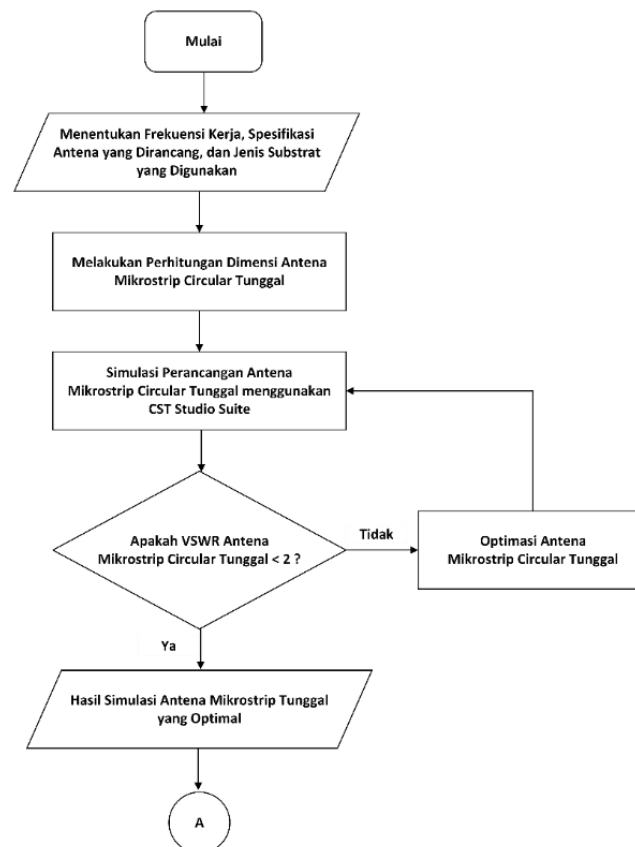
1. Pendahuluan

LoRa merupakan teknologi komunikasi wireless berdaya rendah dengan jangkauan luas (LPWAN) yang beroperasi di pita frekuensi 920–923 MHz sesuai Peraturan Dirjen SDPPI No. 3 Tahun 2019 [3]. Teknologi ini mampu mentransmisikan data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, menjadikannya ideal untuk aplikasi IoT. Salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan komunikasi LoRa adalah antenna. Antena mikrostrip banyak digunakan karena bentuknya yang kompak, ringan, dan mudah diproduksi, meskipun memiliki kelemahan pada gain dan bandwidth yang sempit [7].

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, digunakan konfigurasi array empat elemen pada antenna circular patch, yang berfungsi meningkatkan gain dan efisiensi pancaran. Penelitian ini memfokuskan pada perancangan, simulasi, dan realisasi antenna mikrostrip circular patch array empat elemen guna memperoleh performa optimal sesuai standar komunikasi LoRa di Indonesia.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan perbandingan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran.



Gambar 1. Tahapan Perancangan Antena

2.1. Studi Literatur

Literatur mencakup teori antenna mikrostrip, konsep array, serta parameter performa antenna (VSWR, return loss, gain, bandwidth, dan pola radiasi) dari berbagai referensi [1][4][6][8].

2.2. Spesifikasi Antena yang Dirancang

Tabel 1. Spesifikasi Antena Mikrostrip Circular

Parameter	Nilai
Frekuensi	920–923 MHz
VSWR	≤ 2
Gain	5 dBi
Return loss	≤ -10 dB
Bandwidth	3 MHz
Pola Radiasi	Unidirectional

2.3. Simulasi

Tabel 2. Spesifikasi Bahan Antena

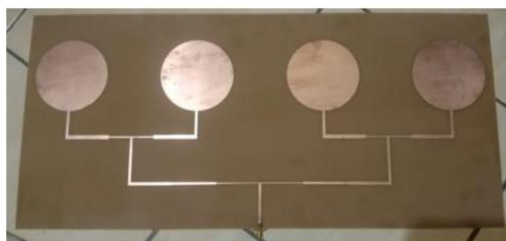
Material	Konstanta Dielektrik ϵ_r	Ketebalan (h)
Copper	1	0,035 mm
FR4 - Epoxy	4,4	1,6 mm

2.4. Dimensi Desain Antena

Tabel 3. Dimensi Antena Mikrostrip Circular Patch Array

Dimensi	Nilai (mm)
Diameter <i>patch</i> (a)	44
Lebar <i>ground plane</i> (W_g)	565
Panjang <i>ground plane</i> (L_g)	260
Lebar saluran pencatu 50 Ω (W_{f1})	3
Panjang saluran pencatu 50 Ω (L_{f1})	51
Lebar saluran pencatu 70,71 Ω (W_{f2})	2
Panjang saluran pencatu 70,71 Ω (L_{f2})	51
Lebar saluran pencatu 100 Ω (W_{f3})	1
Panjang saluran pencatu 100 Ω (L_{f3})	51

2.5. Realisasi Antena



(a) Tampak Depan



(a) Tampak Belakang

Gambar 2. Antena Mikrostrip *Circular Patch Array* 4 Elemen

Antena difabrikasi menggunakan bahan FR-4 Epoxy dengan lapisan tembaga. Desain diimplementasikan menjadi bentuk fisik sesuai hasil optimasi simulasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengukuran VSWR

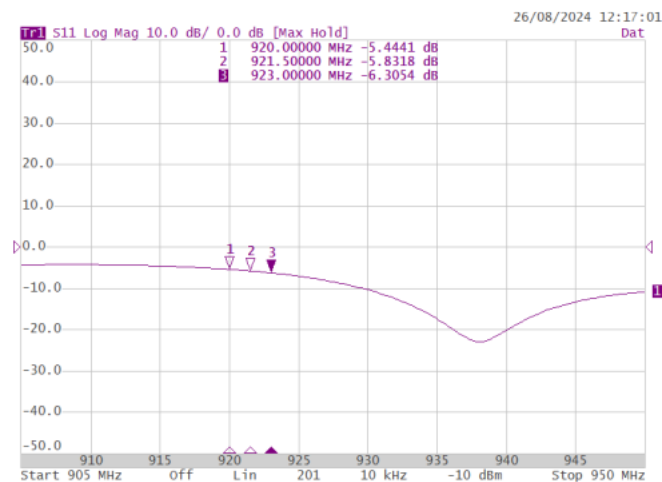
Hasil pengukuran menunjukkan nilai VSWR sebesar 3,0926 pada frekuensi 921,5 MHz, yang berarti antenna belum sepenuhnya sesuai impedansi 50Ω.



Gambar 3. Hasil Pengukuran VSWR

3.2. Hasil Pengukuran Return Loss

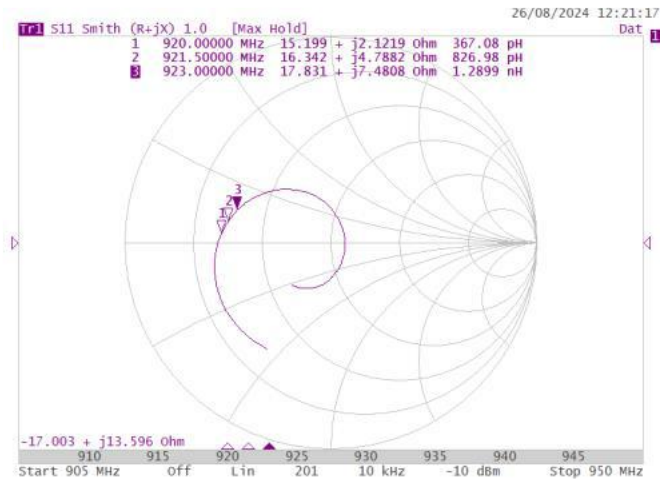
Nilai return loss yang diperoleh -5,8318 dB pada frekuensi 921,5 MHz menunjukkan sebagian daya masih terpantul ke sumber.



Gambar 4. Hasil Pengukuran Return Loss

3.3. Hasil Pengukuran Impedansi

Pengukuran dengan diagram Smith menunjukkan nilai impedansi 16,342 Ω pada frekuensi 921,5 MHz.



Gambar 5. Hasil Pengukuran Impedansi

3.4. Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran dilakukan pada bidang elevasi dan azimuth. Hasil menunjukkan bahwa pola elevasi bersifat bidirectional, sedangkan azimuth cenderung omnidirectional.



Gambar 6. Hasil Pengukuran Pola Radiasi

3.5. Analisis Perbandingan Simulasi dan Pengukuran

Tabel 4. Perbandingan Nilai VSWR

Spesifikasi VSWR	Hasil Perhitungan	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
≤ 2	1.998	1.4186	3.0926

Tabel 5. Perbandingan Nilai Return Loss

Spesifikasi Return Loss	Hasil Perhitungan	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
≤ -10 dB	-9.551	-12.446	-5.8318

Tabel 6. Perbandingan Nilai Impedansi

Spesifikasi Impedansi	Hasil Perhitungan	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
50 Ω	73.697 Ω	50 Ω	16.342 Ω

Tabel 7. Perbandingan Nilai Bandwidth

Spesifikasi Bandwidth	Hasil Perhitungan	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
3 MHz	3 MHz	3.43 MHz	-

Tabel 8. Perbandingan Nilai Gain

Spesifikasi Gain	Hasil Perhitungan	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
5 dBi	5.389 dB	5.118 dBi	4.8357 dBi

Perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran disebabkan oleh toleransi fabrikasi, penyolderan, serta efek lingkungan. Namun, hasil pengukuran menunjukkan kinerja yang mendekati spesifikasi target dan masih sesuai untuk aplikasi komunikasi LoRa.

4. Kesimpulan

Antena mikrostrip circular patch array empat elemen berhasil dirancang dan direalisasikan untuk frekuensi 920–923 MHz sesuai kebutuhan sistem LoRa.

Hasil simulasi menunjukkan performa yang sesuai spesifikasi, sedangkan hasil pengukuran menunjukkan perbedaan akibat ketidaksesuaian impedansi dan faktor fabrikasi. Dengan optimasi lanjutan pada dimensi pencatu dan material substrat, antena ini berpotensi digunakan dalam sistem komunikasi LPWAN berbasis LoRa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Garut dan seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan pengujian antena ini hingga selesai.

Referensi

- [1] K. D. Irianto, Evaluasi dan Analisis Kinerja LoRa Pada Sistem Irigasi Pertanian Berbasis IoT, OSF Preprints, 2022.
- [2] U. Alset, A. Kulkarni, H. Mehta, “Performance Analysis of Various LoRaWAN Frequencies for Optimal Data Transmission,” ICCCNT, 2020.
- [3] Kemenkominfo, Peraturan Dirjen SDPPI No. 3 Tahun 2019, Jakarta, 2019.
- [4] A. I. Viola, Perancangan Antena Mikrostrip Patch Rectangular Array Pada Frekuensi LoRa, Universitas Andalas, 2022.
- [5] D. Fitri et al., “Perancangan Antena Helical Pada Radio Transceiver SX1276,” Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 2022.
- [6] L. R. Hasanah et al., “Perancangan dan Analisis Antena Untuk Gateway IoT Menggunakan Wifi,” e-Proceeding of Engineering, vol. 8, no. 6, 2023.
- [7] N. Aulia, Elisma, “Desain Antena Mikrostrip Array 2x4 untuk Aplikasi 5G,” Industrial Research Workshop and National Seminar, 2021.

- [8] S. Alam et al., “Antena Mikrostrip Array 8x2 Elemen untuk Radio Gelombang Mikro,” ELKOMIKA Jurnal Teknik, vol. 9, no. 2, 2021.
- [9] I. W. Syah Alam, “Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x2 Frekuensi 2,4 GHz Untuk Komunikasi IoT,” Jurnal Kajian Teknik Elektro, 2018.