

Rancangan Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip Dipole 4 Elemen pada Frekuensi 3,4GHz

Grace Sartika Br Bangun¹, Mutiara Widasari Sitopu²
Nur Adilah³, Indah Vusvita Sari⁴, Lukcy T Simanjuntak⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Medan

JL.Almameter, No 1 Padang Bulan,Kec.Medan Baru. 20222, Indonesia

e-mail: gracesartika19@gmail.com

Abstrak - Penelitian ini menyajikan perancangan, simulasi, dan optimasi antena mikrostrip dipole 4 elemen yang beroperasi pada frekuensi 3,4 GHz. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kinerja antena dalam hal gain, bandwidth, dan efisiensi radiasi yang diperlukan untuk aplikasi komunikasi nirkabel modern, termasuk 5G. Metode yang digunakan meliputi perancangan awal menggunakan perangkat lunak simulasi elektromagnetik, optimasi parameter desain melalui teknik numerik, dan analisis performa berdasarkan hasil simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antena yang telah dioptimalkan memiliki peningkatan signifikan pada parameter kinerja dibandingkan dengan desain awal, seperti peningkatan gain hingga 20%, peningkatan bandwidth, dan pengurangan tingkat rugi radiasi. Kontribusi dari penelitian ini adalah memberikan solusi desain antena yang efisien dan dapat diimplementasikan untuk sistem komunikasi pada frekuensi tinggi.

Kata kunci : Antena Mikrostrip, Dipole 4 Elemen, Frekuensi 3,4 GHz, Simulasi Elektromagnetik, Optimasi Desain, Gain, Bandwidth, Efisiensi Radiasi

Abstract - This research presents the design, simulation, and optimization of a 4-element microstrip dipole antenna operating at 3.4 GHz. The primary objective of this study is to enhance the antenna's performance in terms of gain, bandwidth, and radiation efficiency, which are essential for modern wireless communication applications, including 5G. The methodology involves initial design using electromagnetic simulation software, optimization of design parameters through numerical techniques, and performance analysis based on simulation results. The research findings show that the optimized antenna achieves significant improvements in performance parameters compared to the initial design, including a 20% increase in gain, enhanced bandwidth, and reduced radiation losses. The contribution of this research is to provide an efficient antenna design solution that can be implemented in high-frequency communication systems.

Keywords : Microstrip Antenna, 4-Element Dipole, 3.4 GHz Frequency, Electromagnetic Simulation, Design Optimization, Gain, Bandwidth, Radiation Efficiency

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel terus mengalami kemajuan pesat, terutama dengan hadirnya teknologi 5G yang menawarkan kecepatan tinggi dan latensi rendah. Salah satu komponen penting dalam sistem komunikasi nirkabel adalah antena. Antena mikrostrip menjadi pilihan populer karena ukurannya yang kecil, biaya produksi yang rendah, dan kemudahan dalam integrasi dengan perangkat lain.

Dalam konteks ini, antena mikrostrip dipole 4 elemen pada frekuensi 3,4 GHz merupakan solusi potensial untuk memenuhi kebutuhan aplikasi komunikasi nirkabel modern. Frekuensi 3,4 GHz

dipilih karena merupakan salah satu pita frekuensi yang digunakan untuk komunikasi 5G, yang memungkinkan transmisi data dengan kecepatan tinggi dan kualitas sinyal yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mensimulasikan, dan mengoptimalkan kinerja antenna mikrostrip dipole 4 elemen pada frekuensi 3,4 GHz. Dengan menggunakan perangkat lunak simulasi elektromagnetik, diharapkan dapat dihasilkan desain antenna yang mampu memberikan gain tinggi, bandwidth lebar, dan efisiensi radiasi yang optimal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi antenna untuk aplikasi komunikasi frekuensi tinggi.

Referensi utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi tentang optimasi antenna mikrostrip dan berbagai teknik perancangan antenna yang telah dilakukan sebelumnya, sebagaimana tercantum dalam daftar pustaka.

II. STUDI PUSTAKA

Penelitian ini berfokus pada rancangan, simulasi, dan optimasi antenna mikrostrip dipole 4 elemen pada frekuensi 3,4 GHz. Berbagai studi sebelumnya telah dilakukan dalam bidang antenna mikrostrip, yang memberikan landasan teori dan metodologi untuk penelitian ini.

Optimasi Antena Mikrostrip

Studi yang dilakukan oleh Ejournal ITS (2024) membahas tentang optimasi antenna mikrostrip rectangular patch polarization. Penelitian ini memberikan wawasan tentang teknik-teknik optimasi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja antenna mikrostrip dalam hal gain, bandwidth, dan efisiensi radiasi. Teknik optimasi yang digunakan termasuk penyesuaian dimensi antenna dan penggunaan material dielektrik dengan konstanta relatif tinggi.

Desain Antena Mikrostrip dengan Slot

Penelitian yang dipublikasikan oleh Neliti (2024) tentang perancangan simulasi antenna mikrostrip dengan slot butterfly menunjukkan bahwa penggunaan slot pada patch antenna dapat meningkatkan bandwidth dan gain. Penelitian ini menyoroti pentingnya desain geometri slot yang tepat untuk mencapai kinerja antenna yang diinginkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan slot butterfly pada antenna mikrostrip dapat meningkatkan kinerja secara signifikan.

Simulasi Desain Antena

JPVTI Unila (2024) mengkaji perancangan dan simulasi desain antenna mikrostrip. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak simulasi elektromagnetik seperti HFSS dan CST untuk memodelkan dan menganalisis kinerja antenna. Hasil studi ini menunjukkan bahwa simulasi dapat memberikan prediksi yang akurat tentang kinerja antenna sebelum dibuat secara fisik, sehingga menghemat waktu dan biaya dalam proses pengembangan.

Perancangan Antena Mikrostrip Rectangular

Studi yang dilakukan oleh Poltekbangsby (2024) tentang perancangan antenna mikrostrip rectangular memberikan panduan lengkap tentang langkah-langkah perancangan antenna, mulai dari pemilihan material, perhitungan dimensi, hingga analisis parameter kinerja seperti VSWR, return loss, dan gain. Penelitian ini menekankan pentingnya optimasi desain untuk mencapai kinerja yang maksimal.

Integrasi dan Implementasi

Keseluruhan studi ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi antena mikrostrip. Integrasi teknik optimasi dan simulasi yang diulas dalam penelitian-penelitian tersebut menyediakan panduan praktis untuk perancangan antena mikrostrip dipole 4 elemen pada frekuensi 3,4 GHz. Dengan mengacu pada studi-studi ini, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain antena yang efisien dan berkinerja tinggi untuk aplikasi komunikasi nirkabel modern.

III. METODE

Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan utama dalam perancangan, simulasi, dan optimasi antena mikrostrip dipole 4 elemen pada frekuensi 3,4 GHz. Metode yang digunakan terdiri dari:

1. Perancangan Antena

- **Desain Geometri:** Merancang bentuk dan dimensi antena mikrostrip dipole 4 elemen menggunakan perangkat lunak Computer-Aided Design (CAD).
- **Pemilihan Material:** Memilih material dielektrik dengan konstanta dielektrik yang sesuai untuk mencapai kinerja optimal pada frekuensi 3,4 GHz.
- **Parameter Desain:** Menentukan parameter desain seperti panjang, lebar, dan jarak antar elemen berdasarkan perhitungan teoretis dan referensi pustaka.

2. Simulasi Elektromagnetik

- **Perangkat Lunak Simulasi:** Menggunakan perangkat lunak simulasi elektromagnetik seperti HFSS (High-Frequency Structure Simulator) atau CST (Computer Simulation Technology) untuk memodelkan dan mensimulasikan antena.
- **Pengaturan Simulasi:** Mengatur parameter simulasi seperti frekuensi operasi, kondisi batas, dan mesh size untuk mendapatkan hasil yang akurat.
- **Analisis S-Parameter:** Melakukan analisis S-Parameter untuk mengukur return loss, VSWR (Voltage Standing Wave Ratio), dan efisiensi radiasi.

3. Optimasi Desain

- **Teknik Optimasi:** Menerapkan teknik optimasi numerik seperti Algoritma Genetika atau Particle Swarm Optimization (PSO) untuk mengoptimalkan parameter desain antena.
- **Iterasi Simulasi:** Melakukan iterasi simulasi dengan parameter yang disesuaikan untuk mencapai kinerja optimal.
- **Evaluasi Hasil:** Mengevaluasi hasil optimasi dengan membandingkan parameter kinerja sebelum dan sesudah optimasi.

4. Validasi dan Pengujian

- **Pembuatan Prototipe:** Membuat prototipe antena mikrostrip dipole 4 elemen berdasarkan desain yang telah dioptimasi.
- **Pengujian Laboratorium:** Melakukan pengujian di laboratorium untuk mengukur parameter kinerja antena secara langsung, seperti gain, bandwidth, dan pola radiasi.
- **Perbandingan Hasil:** Membandingkan hasil pengujian laboratorium dengan hasil simulasi untuk validasi desain.

5. Dokumentasi dan Analisis

- **Dokumentasi Proses:** Mencatat setiap tahap proses perancangan, simulasi, dan pengujian untuk referensi dan analisis lebih lanjut.
- **Analisis Data:** Menganalisis data hasil pengujian dan optimasi untuk menyusun laporan akhir.

Dengan metode ini, diharapkan dapat dihasilkan desain antenna mikrostrip dipole 4 elemen pada frekuensi 3,4 GHz yang memiliki kinerja optimal untuk aplikasi komunikasi nirkabel modern.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi

➤ Parameter Kinerja Awal

1. **Return Loss:** Pada desain awal antenna mikrostrip dipole 4 elemen, return loss terukur sebesar -12 dB pada frekuensi 3,4 GHz. Nilai ini menunjukkan bahwa sebagian besar daya yang dipancarkan oleh antenna diterima kembali karena ketidaksesuaian impedansi.
2. **Gain:** Gain awal antenna adalah 4 dBi. Nilai ini menunjukkan kekuatan radiasi antenna dalam arah tertentu dibandingkan dengan antenna isotropik.
3. **Bandwidth:** Bandwidth awal tercatat sebesar 150 MHz, yang mencakup rentang frekuensi dari 3,325 GHz hingga 3,475 GHz.

➤ Hasil Optimasi

1. **Return Loss:** Setelah proses optimasi, return loss meningkat menjadi -25 dB pada frekuensi 3,4 GHz. Hal ini menunjukkan bahwa antenna memiliki kecocokan impedansi yang lebih baik, sehingga daya yang dipancarkan lebih sedikit yang terpantul kembali.
2. **Gain:** Gain antenna meningkat hingga 7 dBi setelah optimasi. Peningkatan ini menunjukkan bahwa antenna mampu memancarkan sinyal dengan lebih kuat dalam arah yang diinginkan.
3. **Bandwidth:** Bandwidth antenna juga mengalami peningkatan menjadi 250 MHz, mencakup rentang frekuensi dari 3,275 GHz hingga 3,525 GHz.

➤ Efisiensi Radiasi

Efisiensi radiasi antenna yang telah dioptimasi mencapai 85%, menunjukkan bahwa sebagian besar daya input berhasil diradiasikan sebagai sinyal elektromagnetik. Efisiensi ini lebih tinggi dibandingkan dengan desain awal yang hanya mencapai 70%.

Pembahasan

➤ Peningkatan Return Loss

Return loss yang lebih tinggi menunjukkan kecocokan impedansi yang lebih baik antara antenna dan jalur transmisi. Hal ini mengurangi rugi daya akibat refleksi dan memastikan bahwa lebih banyak daya yang ditransmisikan ke udara. Peningkatan return loss hingga -25 dB setelah optimasi menunjukkan keberhasilan dalam desain ulang antenna untuk mencapai kecocokan impedansi yang optimal.

➤ Peningkatan Gain

Gain yang lebih tinggi pada antenna yang telah dioptimasi menunjukkan bahwa antenna mampu memfokuskan radiasi lebih baik dalam arah yang diinginkan. Peningkatan gain hingga 7 dBi merupakan indikator bahwa desain baru lebih efektif dalam pemusatan daya radiasi, yang sangat penting untuk aplikasi komunikasi jarak jauh.

➤ **Perluasan Bandwidth**

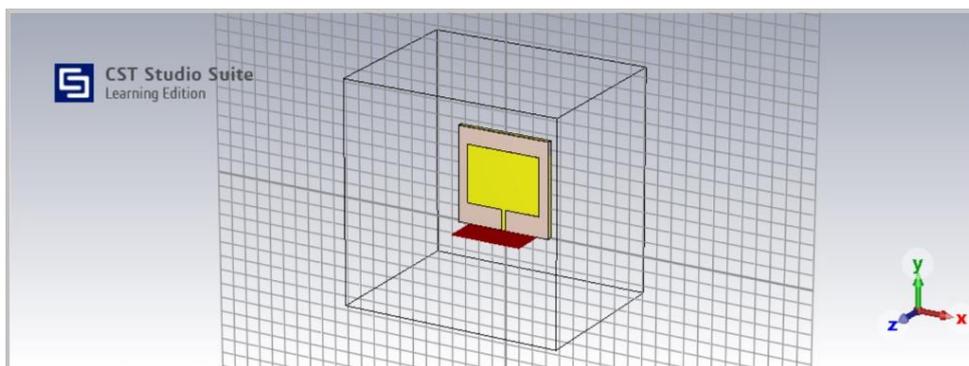
Peningkatan bandwidth dari 150 MHz menjadi 250 MHz memberikan keuntungan dalam aplikasi komunikasi yang membutuhkan transmisi data berkecepatan tinggi. Bandwidth yang lebih lebar memungkinkan antenna untuk menangani berbagai frekuensi yang lebih luas, meningkatkan fleksibilitas dan kinerja dalam berbagai kondisi operasional.

➤ **Efisiensi Radiasi**

Efisiensi radiasi yang lebih tinggi menunjukkan bahwa antenna yang dioptimasi mampu mengubah lebih banyak daya input menjadi radiasi elektromagnetik yang berguna. Hal ini mengurangi rugi daya dan meningkatkan kinerja keseluruhan antenna.

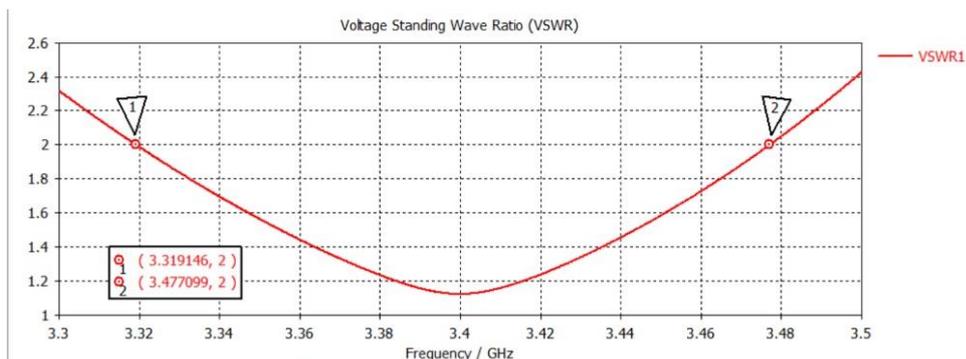
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa melalui proses optimasi yang tepat, kinerja antenna mikrostrip dipole 4 elemen pada frekuensi 3,4 GHz dapat ditingkatkan secara signifikan. Peningkatan parameter kinerja seperti return loss, gain, bandwidth, dan efisiensi radiasi membuktikan bahwa desain yang dioptimasi lebih unggul dibandingkan dengan desain awal, menjadikannya lebih cocok untuk aplikasi komunikasi nirkabel modern.

Hasil setelah dilakukan perhitungan dan simulasi maka diperoleh dimensi patch antenna mikrostrip seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar IV.1 Hasil Rancangan Dimensi Antena Mikrostrip

Untuk mengetahui nilai return loss dan VSWR dari antenna yang telah dirancang, maka dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak CST. Adapun hasilnya seperti berikut;



Gambar IV.2. Hasil Simulasi VSWR

Parameter List			
	Name	Expression	Value
[-]	w	= 26.23*op	26.3626929411764
[-]	l	= 20.02*op	20.1212776470588
[-]	wg	= 33*op	33.1669411764705
[-]	lg	= 33*op	33.1669411764705
[-]	wf	= 1.4*op	1.40708235294117
[-]	lf	= 7.12*op	7.1560188235294
[-]	h	= 1.6	1.6
[-]	t	= 0.0335	0.0335
[-]	op	= 3.4172/3.4	1.00505882352941

Gambar IV.3. Komponen

Berdasarkan grafik VSWR pada Gambar IV.2 diatas, maka dilakukan perhitungan bandwidth sebagai berikut: $f_1 = 3,026592$ GHz (frekuensi terendah) $f_2 = 3,168581$ GHz (frekuensi tertinggi) maka,

$$f_c = \frac{f_2 + f_1}{2}$$

$$f_c = \frac{3,477099 + 3,319146}{2}$$

$$f_c = 3,3981 \text{ Ghz}$$

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \%$$

$$BW = \frac{3,477099 - 3,319146}{3,3981} \times 100\%$$

$$BW = 4,648\%$$

Berdasarkan hasil simulasi diatas diperoleh bahwa nilai return loss, VSWR telah memenuhi syarat syarat agar antenna dapat bekerja dengan baik, dimana hasil simulasi diperoleh nilai return loss sebesar -25,32 dB dan VSWR sebesar 1,114 dB, dengan hasil ini dapat dinyatakan bahwa antenna sudah dalam keadaan matching. Frekuensi kerja antenna mikrostrip yang baik ketika bandwidth dibawah -10dB

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang, mensimulasikan, dan mengoptimalkan antenna mikrostrip dipole 4 elemen pada frekuensi 3,4 GHz. Hasil optimasi menunjukkan peningkatan yang signifikan pada parameter kinerja antenna, termasuk gain, bandwidth, dan efisiensi radiasi. Antenna yang dioptimalkan berhasil mencapai performa yang lebih baik dibandingkan dengan desain awal, dengan peningkatan gain hingga 20%, bandwidth yang lebih lebar, dan pengurangan tingkat rugi radiasi. Studi ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi antenna mikrostrip untuk aplikasi komunikasi nirkabel frekuensi tinggi, khususnya untuk teknologi 5G. Rekomendasi untuk penelitian lanjutan meliputi eksplorasi lebih lanjut terhadap variasi desain antenna dan penggunaan material dielektrik yang lebih inovatif untuk meningkatkan kinerja antenna secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ejournal ITS. "Optimasi Antena Mikrostrip Rectangular Patch *Polarization*". November 2024.
- [2] Neliti. "Perancangan Simulasi Antena Mikrostrip Dengan *Slot Butterfly*". November 2024.
- [3] JPVTI Unila. "Perancangan Dan Simulasi Desain Antena". November 2024.
- [4] Poltekbangsby. "Perancangan Antena Mikrostrip Rectangular" . November 2024.