

## RANCANGAN ANTENA MULTIPLE INPUT MULTIPLE OUTPUT ARRAY TRIANGULAR FREKUENSI 2.5 GHZ UNTUK JARINGAN 5G

**Luis Presley<sup>1</sup>, Bambang Bagus Harianto<sup>2</sup>, Sudrajat<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Politeknik Penerbangan Surabaya Jl. Jemur Andayani I/73 Surabaya 60236

Email: presleyluis2@gmail.com

### **Abstrak**

Jaringan seluler generasi kelima (5G) telah berkembang dengan pesat untuk mengatasi tuntutan akan konektivitas yang lebih cepat, andal, dan skalabel pada era digital saat ini. Salah satu aspek kunci dalam evolusi ini adalah pemanfaatan multiple-input multiple-output (MIMO) untuk meningkatkan kapasitas dan kinerja jaringan. Dalam penelitian ini, kami memfokuskan pada pengembangan dan evaluasi kinerja dari antena MIMO array segitiga khususnya untuk aplikasi dalam jaringan 5G. Dalam jurnal ini, kami mengajukan pendekatan desain antena MIMO array segitiga yang menggabungkan keunggulan geometri segitiga dengan teknologi MIMO. Kami menjelaskan metodologi desain yang melibatkan pemilihan elemen antena, konfigurasi array, dan pengaturan spasial. Pengaruh parameter-parameter ini terhadap kinerja sistem dieksplorasi melalui simulasi dan pengujian berbasis lapangan. Hasil eksperimen kami mengungkapkan bahwa antena MIMO array segitiga ini menunjukkan potensi dalam meningkatkan kapasitas jaringan dan mengurangi interferensi antar-saluran. Kami menganalisis kinerja antena dalam hal penguatan sinyal, kapasitas throughput, kestabilan koneksi, dan peningkatan spektral. Dibandingkan dengan antena MIMO tradisional, pendekatan segitiga ini memberikan peningkatan yang signifikan dalam hal kapasitas dan daya tampung jaringan. Kami juga membahas tantangan dan peluang yang terkait dengan implementasi praktis dari antena MIMO array segitiga dalam lingkungan jaringan 5G. Faktor-faktor seperti ukuran fisik, efisiensi energi, dan kompleksitas sirkuit dikaji untuk memberikan wawasan tentang skenario penerapan yang optimal. Dalam keseluruhan, penelitian ini mengilustrasikan potensi yang dimiliki oleh antena MIMO array segitiga sebagai solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan kinerja jaringan 5G. Hasil dan temuan kami dapat memberikan panduan bagi pengembangan lebih lanjut dalam menghadapi tantangan konektivitas dalam lingkungan komunikasi nirkabel modern.

**Kata Kunci:** Antena MIMO Array Triangular, Multiple-Input Multiple-Output, Teknologi Nirkabel.

### Abstract

*Fifth generation (5G) cellular networks have evolved rapidly to address the demand for faster, reliable and scalable connectivity in today's digital era. One of the key aspects in this evolution is the utilization of multiple-input multiple-output (MIMO) to increase network capacity and performance. In this research, we focus on developing and evaluating the performance of triangular array MIMO antennas especially for applications in 5G networks. In this paper, we propose a triangular array MIMO antenna design approach that combines the advantages of triangular geometry with MIMO technology. We describe a design methodology involving antenna element selection, array configuration, and spatial arrangement. The influence of these parameters on system performance is explored through simulation and field-based testing. Our experimental results reveal that this triangular array MIMO antenna shows potential in increasing network capacity and reducing inter-channel interference. We analyze antenna performance in terms of signal gain, throughput capacity, connection stability and spectral enhancement. Compared to traditional MIMO antennas, this triangular approach provides a significant increase in terms of network capacity and carrying capacity. We also discuss the challenges and opportunities associated with the practical implementation of triangular array MIMO antennas in a 5G network environment. Factors such as physical size, energy efficiency and circuit complexity are studied to provide insight into optimal deployment scenarios. Overall, this study illustrates the potential of triangular array MIMO antennas as a promising solution to improve 5G network performance. Our results and findings can provide guidance for further developments in dealing with connectivity challenges in the modern wireless communications environment.*

**Keywords:** *Triangular Array MIMO Antenna, Multiple-Input Multiple-Output, Wireless Technology.*

## **PENDAHULUAN**

### **1. Latar Belakang**

Peningkatan pesat dalam konektivitas, aplikasi berbasis internet, dan pertumbuhan perangkat pintar telah mendorong evolusi jaringan seluler menuju generasi kelima (5G). Teknologi 5G diantisipasi untuk menyediakan layanan yang lebih cepat, andal, dan mendukung berbagai aplikasi yang membutuhkan latensi rendah. Salah satu pendekatan kunci untuk mencapai tujuan ini adalah melalui pemanfaatan teknologi multiple-input multiple-output (MIMO) dalam antena. Antena MIMO telah menjadi bagian integral dari jaringan nirkabel modern, yang memungkinkan pengiriman dan penerimaan simultan dari multiple sinyal melalui berbagai saluran. Teknologi ini memberikan peningkatan kapasitas jaringan, kecepatan data, dan kinerja keseluruhan dengan memanfaatkan diversifikasi saluran dan pengurangan interferensi.

Dalam konteks jaringan 5G, kebutuhan akan peningkatan kapasitas jaringan dan penanganan lalu lintas data yang tinggi semakin mendesak. Namun, lingkungan yang semakin kompleks, dengan tantangan interferensi dan redaman sinyal, memerlukan inovasi dalam desain antena MIMO. Dalam hal ini, desain array antena yang memiliki geometri segitiga menarik perhatian sebagai alternatif yang menjanjikan. Geometri segitiga menawarkan keunggulan dalam distribusi spasial antena yang unik. Ini berpotensi untuk mengoptimalkan bentuk arah pola radiasi dan mereduksi efek bayangan dalam lingkungan perkotaan yang penuh dengan hambatan fisik. Dengan mengintegrasikan geometri segitiga dengan teknologi MIMO, diharapkan kinerja jaringan 5G dapat ditingkatkan lebih jauh.

Meskipun antena MIMO array segitiga menjanjikan sejumlah manfaat, tantangan desain dan optimalisasi tetap harus diatasi. Pengaruh parameter seperti jarak antar elemen, jumlah elemen dalam array, serta arah dan polarisasi antena perlu dipelajari untuk mencapai kinerja yang optimal.

### **2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini bermaksud membuat suatu rumusan masalah yaitu Bagaimana merancang dan mengevaluasi kinerja antena Multiple Input Multiple Output Array Triangular pada frekuensi 2.5 GHz untuk jaringan 5G?

### **3. Batasan Masalah**

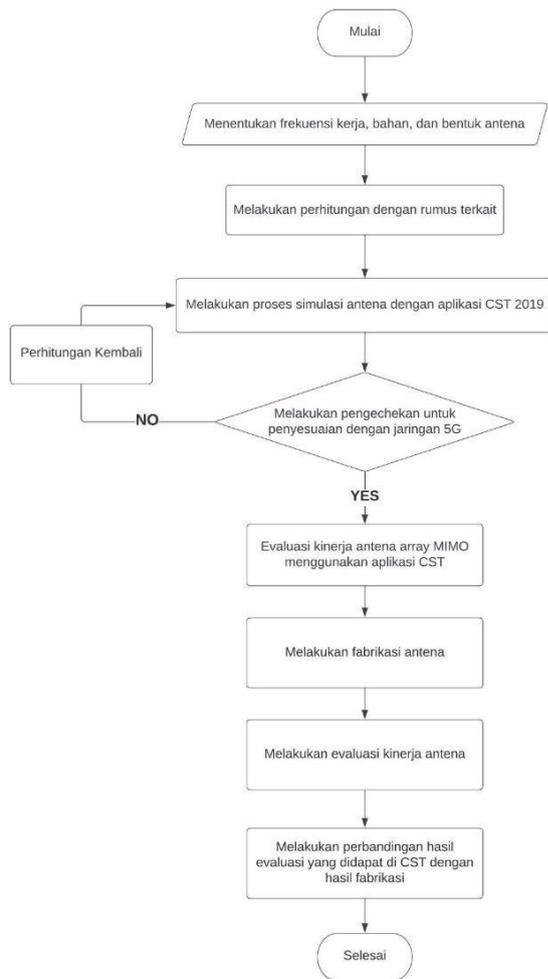
Mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan yang dimiliki, kiranya perlu membatasi bahasan dari permasalahan yang ada, dengan membatasi masalah pada Triangular Array Multiple Input Multiple Output dengan frekuensi 2.5 GHz dan hanya menggunakan software CST untuk bahan pengujianya.

### **4. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan Rumusan Masalah yang ada, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara mendesain sekaligus mengevaluasi kinerja dari antena Multiple Input Multiple Output Array Triangular dengan frekuensi 2.5 GHz dalam jaringan 5G.

### **METODE**

Pada bab metode perancangan ini akan dibahas mengenai *flowchart* perancangan mikrostrip meander-line Yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Perancangan

a) Spesifikasi Antena

Berdasarkan tujuan dari perancangan ini maka penelitian untuk merancang sebuah antena mikrostrip dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Frekuensi Kerja : 2.5 GHz
2. VSWR :  $\leq 2$
3. Impedansi saluran : 50 Ohm
4. Bentuk Patch : Array

b) Pemilihan Jenis Substrat

Substrat adalah komponen penting dalam perancangan antena mikrostrip karena digunakan sebagai media perantara gelombang elektromagnetik. Material yang digunakan untuk membuat antena tersebut adalah FR-4 lossy, bahan yang biasa digunakan untuk frekuensi tinggi. Material FR-4 dipilih dikarenakan material ini

memenuhi syarat spesifikasi untuk antena mikrostrip dan juga material ini juga memiliki kelebihan yaitu harga bahan yang jauh lebih murah. Substrat ini juga disukai karena fitur materialistiknya. Memiliki daya serap air yang hampir tidak ada, nilai mekanik yang tinggi, dan kualitas isolasi listrik yang baik dalam kondisi kering maupun kondisi lembab.

Pada penelitian ini, menggunakan substrat Epoxy FR-4 dengan parameter sebagai berikut:

- a. Permittivitas Relatif: 4.8
- b. Ketebalan dielektrik: 1.6 mm
- c. Ketebalan konduktor: 0,035 mm



Gambar 2 FR-4 Epoxy

c) Perhitungan Dimensi Antena

Perhitungan dimensi antena mikrostrip ini dapat dicari berdasarkan frekuensi kerjanya dan parameter-parameter substrat yang digunakannya. Adapun desain dimensi dari antena mikrostrip dapat dilihat dari beberapa persamaan berikut ini. Perhitungan lebar patch (w) berdasarkan persamaan 1.

$$a = \frac{2c}{3f\sqrt{\epsilon_r}}$$

a = Lebar Patch

c = Kecepatan Cahaya

$f_0$  = Frekuensi Kerja yang diinginkan

$\epsilon_r$  = Konstanta Dielektrik

Selanjutnya untuk menghitung nilai L diperlukan nilai efektif dielektrik konstan ( $\epsilon_{eff}$ ), *Effective Length* ( $L_{eff}$ ) dan *Length Extension* ( $\Delta L$ ) yang terdapat pada persamaan (2), (3), dan (4).

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-1/2}$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)}$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_o \sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

$\epsilon_{eff}$  = nilai efektif dielektrik konstan  
 $h$  = Tebal Substrat  
 $\Delta L$  = Pertambahan Panjang  
 $L_{eff}$  = Panjang Efektif

Pada bab hasil dan pembahasan dijelaskan bagaimana hasil kajian yang telah dilakukan khususnya pada perancangan antenna mikrostrip.

d) Rangkuman Hasil Dimensi Antena

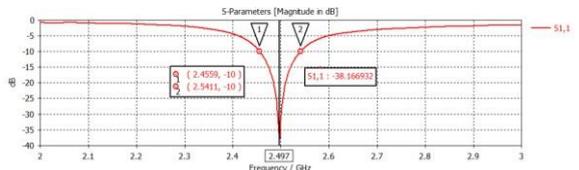
Pada perancangan ini dilakukan proses iterasi dan modifikasi dimensi antenna mikrostrip meander-line dengan dimensi dan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

No.	Bagian	Simbol	Spesifikasi
1	Lebar Patch	$a$	21.2 mm
2	Lebar Saluran Pencatu	$W_f$	2.9 mm
3	Lebar Groundplane	$W_g$	200 mm
4	Panjang Groundplane	$L_g$	100mm

Dengan perancangan serta perhitungan matematis dan modifikasi ini dilakukan dengan menggunakan software CST Studio Suite 2019.

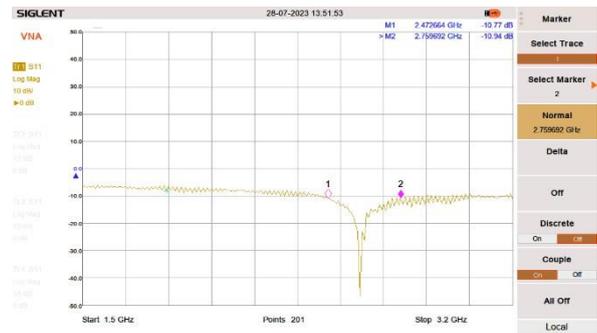
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

a. Pengukuran Return Loss



Gambar 4 Hasil Return Loss (CST)

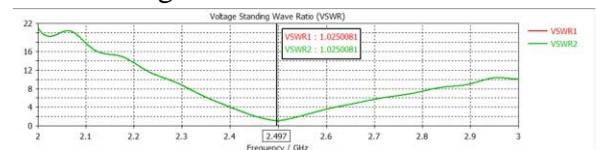
Pada gambar 4 merupakan hasil pengukuran CST dari antenna Multiple Input Multiple Output Array Triangular. Nilai return loss sebesar 38.166 dBi.



Gambar 5 Return Loss (VNA)

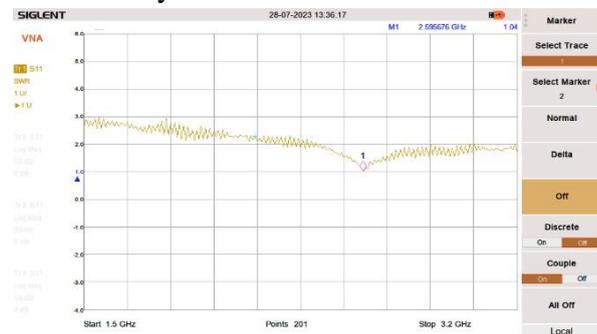
Pada gambar 5 merupakan hasil pengukuran menggunakan VNA dari antenna Multiple Input Multiple Output. Dari hasil diatas didapatkan hasil dengan simulasi menggunakan CST Microwave 2019. Dengan pengukuran menggunakan VNA, frekuensi 2.5 GHz sudah belum dibawah -10dB yang merupakan parameter antenna yang baik. Disini frekuensi center menunjukkan frekuensi 2.59 GHz yang bergeser  $\pm 0.01$  GHz dari frekuensi kerja di CST.

b. Pengukuran VSWR



Gambar 6 VSWR (CST)

Pada hasil simulasi antenna, ditunjukkan pada 6, Nilai VSWR pada frekuensi 2.5 GHz berada pada titik 1,02. VSWR telah memenuhi yakni  $< 2$ .

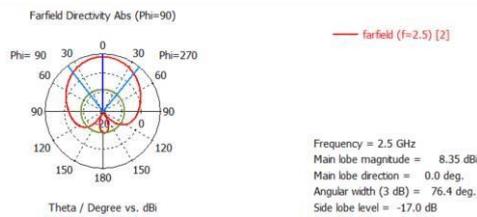


Gambar 7 VSWR (VNA)

Pada hasil pengukuran VSWR antenna menggunakan VNA, ditunjukkan pada gambar 7, VSWR pada antenna Multiple Input Multiple Output ztitik 1,04. VSWR telah memenuhi yang diinginkan yakni  $< 2$

akan tetapi dengan frekuensi yang belum tepat di frekuensi yang diinginkan

**c. Pengukuran Farfield**



Gambar 8 Farfield (CST)

Pada gambar 4.35 pancaran utama antenna Multiple Input Multiple Output Array Triangular pada 2.5 GHz sebesar 8.35 dBi yang berada pada 90 derajat dan kemudian lebar daerah pancaran sampai 76.4 deg dengan sidelobe level -17 dBi.

## PENUTUP

### 1. Kesimpulan

Antena yang difabrikasi pada penelitian ini adalah antena berbentuk segitiga yang didesain array dan menggunakan Multiple Input Multiple Output sehingga antena dapat beroperasi lebih baik dikarenakan memiliki input dan output yang lebih dari satu. Bahan dasar yang digunakan adalah epoxy FR-4 dan bahan tambalan yang digunakan adalah tembaga.

Hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan bahwa antena yang telah dirancang memiliki nilai yang hampir sama dengan simulasi sebelumnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil simulasi dan pengukuran antara lain kondisi pengukuran yang kurang ideal, ketidaksempurnaan proses pembuatan antena, bahan yang digunakan tidak sesuai.

### 2. Saran

Saran yang dapat digunakan untuk meningkatkan performa dari antena mikrostrip, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya:

a. Penelitian kedepannya diharapkan menggunakan komponen, terutama

untuk substrat dengan nilai konstanta dielektrik yang relative rendah agar mendapat stabil dalam arah medan elektromagnetika serta lebih fokus ke nilai gain dan cakupan area pada antenna.

- b. Untuk penelitian selanjutnya perhatian khusus pada proses fabrikasi sebaiknya dilakukan dengan lebih teliti/harus sesuai dengan ukuran dalam simulasi agar hasil yang dihasilkan lebih maksimal.
- c. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dalam melakukan pengukuran dilakukan di ruang yang kosong atau sedikit obstacle agar mendapat hasil maksimal yang sesuai dengan simulasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sari, V. P., & Abdullah, M. (2020). Analisis Performansi Antena MIMO dalam Jaringan 5G. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 17(1), 53-61.
- [2] Permata, E. C., & Kurniawan, F. A. (2018). Analisis Kinerja Antena MIMO Array pada Skenario Jaringan 5G dengan Metode Beamforming. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 7(1), 28-34.
- [3] Fadilah, S., & Mukhlason, A. (2019). Analisis Perbandingan Antena MIMO Array pada Frekuensi 28 GHz untuk Aplikasi Jaringan 5G. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 19(2), 23-30.
- [4] Ramadhan, A., & Wicaksono, A. F. (2021). Desain dan Analisis Antena MIMO Array Segitiga untuk Jaringan 5G. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 7(2), 120-128.
- [5] Suryadi, A., & Wibisono, G. (2017). Penerapan Metode Beamforming pada Antena MIMO untuk Jaringan 5G. *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 10(1), 27-32.
- [6] Fauzi, R., & Kurniawan, F. A. (2019). Analisis Kinerja Antena MIMO Array pada Skenario Lingkungan Urban untuk Jaringan 5G. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 15(2), 68-75.
- [7] Aditama, F. R., & Abdullah, M. (2016). Analisis Kinerja Antena MIMO Array pada

- Jaringan 5G. Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 13(2), 97-104.
- [8] Wijaya, A. S., & Arifianto, D. (2018). Analisis Kinerja Antena MIMO Array untuk Sistem Komunikasi 5G. Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan, 1(1), 23-28.
- [9] Pramudito, F. N., & Kusuma, H. (2020). Analisis Kinerja Antena MIMO Array untuk Aplikasi Jaringan 5G di Lingkungan Urban. Jurnal Teknologi Telekomunikasi, 19(2), 113-120.
- [10] Maharani, R., & Arifianto, D. (2019). Desain Antena MIMO Array Segitiga untuk Jaringan 5G. Jurnal Informatika dan Sistem Informasi, 5(2), 83-90.