



Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Triangular Pada Frekuensi 1800 Mhz Sebagai Penguat Jaringan Internet Di Kebun Raya Balikpapan

Nurmeiliana Putri¹, Maria Ulfah^{2*}, Fathur Zaini Rachman³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Rekayas Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan. Balikpapan.

Email author: maria.ulfah@poltekba.ac.id

Article Info

Article history:

Received September 3, 2025

Revised Desember 3, 2025

Accepted Januari 03, 2026

Keywords:

Microstrip antenna;

Triangular patch;

VSWR;

Return;

Gain;

Omnidirectional

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan antena mikrostrip patch berbentuk segitiga (triangular) yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz, sebagai penguat jaringan internet di kawasan Kebun Raya Balikpapan. Lokasi tersebut diketahui memiliki kualitas sinyal yang kurang baik untuk beberapa provider. Antena yang dirancang menggunakan dua konfigurasi, yaitu MIMO 8x8 dengan teknik pencatutan langsung dan array 8x1, yang kemudian disimulasikan menggunakan CST Studio Suite 2019 dan diuji performansinya menggunakan metode Speedtest. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antena 8x8 memiliki nilai VSWR sebesar 1,50, return loss -12,96 dB, dan gain 4,06 dBi dengan pola radiasi omnidirectional. Sementara itu, konfigurasi 8x1 array menunjukkan nilai VSWR 1,24, return loss -19,21 dB, dan gain 6,46 dBi, juga dengan pola radiasi omnidirectional. Hasil pengujian di lapangan dengan tiga kondisi tanpa antena eksternal, antena MIMO dan antena array 8x1 didapatkan hasil bahwa antena array 8x1 memberikan kecepatan unduh tertinggi mencapai 17,227 Mbps, unggah 4,072 Mbps, Jitter 34,9 ms dan packet loss 14,18 % sedangkan antena MIMO 8x8 memberikan kecepatan unduh tertinggi mencapai 13,77 Mbps, unggah 2,462 Mbps, Jitter 49,9 ms dan packet loss 18,43%. Kesimpulannya, kedua jenis antena eksternal yakni MIMO 8x8 dan array 8x1 mampu meningkatkan performa jaringan secara signifikan dan dapat menjadi solusi efektif untuk daerah dengan sinyal lemah. Antena ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap akses internet yang lebih stabil di area public yang sangat luas.

Corresponding Author:

Maria Ulfah

Politeknik Negeri Balikpapan

Jl. Soekarno Hatta Km. 8 Balikpapan

Email: maria.ulfah@poltekba.ac.id



1. INTRODUCTION

Pada era digital saat ini, kebutuhan akan akses internet cepat dan stabil telah menjadi kebutuhan dasar masyarakat. Tidak hanya di perkotaan, namun juga di area tempat wisata seperti

Kebun Raya Balikpapan, internet diperlukan untuk mendukung aktivitas penelitian, edukasi, hingga layanan bagi pengunjung. Internet yang lambat dan tidak stabil akan menghambat aktivitas digital, mulai dari pengelolaan data, komunikasi, hingga berbagi informasi. LTE sendiri dirancang untuk memenuhi kebutuhan operator akan akses data yang berkecepatan tinggi. Menurut data BPS dari hasil pendataan Survei Susenas 2022, 66,48% penduduk Indonesia telah mengakses internet di tahun 2022 dan 62,10% di tahun 2021, sekarang LTE mampu mencapai kecepatan akses data untuk mengunduh (download) hingga 100 Mbps dan untuk mengunggah (upload) mencapai 50 Mbps (E. Dahlman., S. Parkvall., 2016) (Bakare & Abidde, 2022). Tingginya penggunaan internet pada masa sekarang ini teknologi 4G LTE mendapatkan perhatian khusus, sehingga harus mampu menjamin kecepatan transfer data yang tinggi. Pada teknologi LTE terdapat banyak teknik yang dapat meningkatkan kualitas performansi LTE. Salah satunya dengan menggunakan teknik antenna MIMO (Multiple-input) (Multiple-output) (Budi et al., 2017) (Noviyanti & Ludyati, n.d.). Antena MIMO adalah system yang menggunakan multiantenna baik pada pemancar (transmitter) maupun penerima (receiver) sehingga mengakibatkan kinerja antenna yang menjadi lebih baik. Salah satu antenna yang banyak digunakan yaitu antenna mikrostrip, adapun keuntungan dari antenna mikrostrip yaitu, mempunyai bobot yang ringan dan ukuran yang kecil, kemampuan dalam dual frequency, konfigurasi yang low profile sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya, dapat dengan mudah diintegrasikan dengan microwave integrated circuits (MICs) (Assiddiq et al., n.d.). Mengingat pentingnya peranan antenna pada komunikasi wireless, maka pada penelitian ini akan dirancang, disimulasikan dan direalisasikan sebuah antenna yang mampu bekerja pada frekuensi 1800 MHz. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Triangular Pada Frekuensi 1800 MHz Sebagai Penguat Jaringan Internet Di Kebun Raya Balikpapan” yang akan membahas mengenai pembuatan design, simulasi dan realisasi antenna mikrostrip MIMO dengan menggunakan Software CST Studio 2019. Pengujiannya menggunakan Speed Test dan realisasinya dapat diimplementasikan untuk memperkuat sinyal di area atau wilayah yang memiliki kualitas kekuatan sinyal yang lemah.

1.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip awalnya diusulkan oleh Deschamps pada tahun 1950 serta diwujudkan pada tahun 1970 oleh Munson serta Howel (Gusti et al., 2015). Pada waktu itu pemakaian serta pertumbuhan pesat antena Mikrostrip untuk sistem komunikasi seperti Personal Communication System (PCS), Mobile Satellite Communications, Direct Broadcast Television (DBS). Antena Mikrostrip ini mempunyai wujud yang sederhana, dimensi yang kecil, proses pembuatan yang mudah serta harga yang terjangkau. Antena mikrostrip sendiri tersusun dari patch, groundplane dan substrate Antena mikrostrip memiliki struktur yang terbuat dari tambalan logam yang dipasang pada substrat (Arif et al., 2021)

1.2 Parameter Antena Mikrostrip

1. Gain

Gain pada antena merupakan rasio antara kekuatan radiasi maksimum dari sebuah antena dibandingkan dengan kekuatan radiasi maksimum dari antena isotropik yang dijadikan acuan dengan diberikan daya yang sama. (Natsir et al., 2022) (Alif, n.d.). Spesifikasi nilai optimum gain ≥ 2 .

2. Pola Radiasi

Pola radiasi adalah representasi visual yang menunjukkan karakteristik radiasi dari sebuah antena berdasarkan koordinat ruang. (Natsir et al., 2022) (Alif, n.d.)

3. Bandwidth

Bandwidth suatu antena didefinisikan rentang frekuensi dimana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa kriteria.

4. VSWR

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$) (Natsir et al., 2022) (Alif, n.d.). Besar nilai VSWR yang ideal adalah

1, yang berarti semua daya yang diradiasikan antenna pemancar diterima oleh antenna penerima (match). (Sofitri Rahayu, 2019)

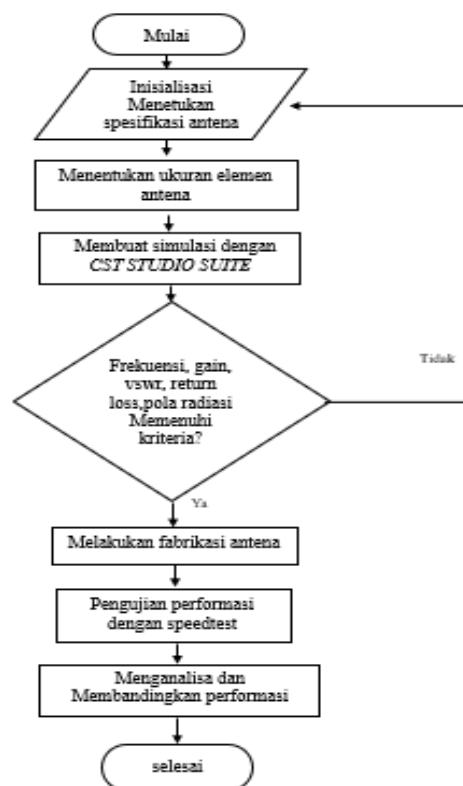
5. Return Loss

Saat terjadi ketidaksesuaian beban, tidak seluruh energi dari sumber diteruskan ke beban. Energi yang tidak terpakai inilah yang dikenal dengan istilah Return Loss atau kerugian pantulan dengan satuan dB. (Natsir et al., 2022) (Alif, n.d.)

2. METHOD

2.1 Diagram Alir Perancangan

Perancangan dan analisis antenna mikrostrip ini terdapat beberapa tahapan. Tahapan- tahapan tersebut dibuat agar perancangan dapat dilaksanakan secara sistematis.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan gambar diagram alir diatas, proses perancangan antenna mikrostrip yang dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan spesifikasi: Langkah pertama dalam pembuatan antenna mikrostrip dengan menentukan bentuk antenna, frekuensi, pola radiasi, bandwidth, gain, pola radiasi, vswr.
2. Perhitungan teoritis: Langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan secara teoritis dimensi fisik dari antenna yang akan dirancang. Parameter yang dihitung diantaranya yaitu patch, substat, groundplane, feeder
3. Merancang dengan software CST STUDIO SUITE: Penggunaan software ini untuk memvisualisasikan dan mensimulasikan tahap sebelumnya. Visualisasi berupa gambar tiga dimensi dengan spesifikasi jenis

bahan, ukuran, dan letak pencatutan agar bisa disimulasikan. Jenis bahan sesuai dengan spesifikasi. Hasil simulasi berupa parameter parameter antenna yang ditampilkan dalam bentuk grafik yang selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui karakteristik dan kinerja dari antenna yang suda dirancang

4. Fabrikasi: Setelah langkah diatas dilakukan, langkah selanjutnya yaitu proses fabrikasi sesuai model simulasi ke dalam bentuk antenna aslinya

5. Melakukan pengujian: Dalam melakukan pengujian performasi antenna yaitu menggunakan Speed Test. Pada pengujian yang pertama dilakukan dengan pengujian perjarak yaitu 10(meter) Pengujian dilakukan secara outdoor berdasarkan jarak radius antenna dari perangkat speed test. Performasi yang diuji yaitu (Download, Upload, jitter, packet loss)

6. Melakukan analisa: Setelah melakukan pengujian dengan speed test maka langkah selanjutnya yaitu menganalisa dan membandingkan performasi antar antenna (Download, Upload, Jitter, Packet Loss)

2.2 Perancangan Antenna

Tahapan penentuan spesifikasi antena akan menjadi acuan untuk proses perancangan sebuah antena yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Antena

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	1,8 GHz
Return Loss	≤ -10 dB
Gain	≥ 2
VSWR	< 2
Bandwidth	≤ 100 Mhz
Pola Radiasi	Omnidirectional

Untuk mendapatkan dimensi antena dilakukan perhitungan dengan memakai persamaan berikut:

1. Menghitung dimensi antena (a)

$$a = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon r}} \tag{1}$$

2. Menghitung panjang groundplane (Lg)

$$Lg = 6h + a \tag{2}$$

3. Menghitung Lebar groundplane (Wg)

$$Wg = 6h + a \tag{3}$$

4. Menghitung Lebar saluran pencatu (Wf)

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon r + 1}{2}} + \frac{\epsilon r - 1}{\epsilon r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon r} \right) \tag{4}$$

5. Panjang saluran pencatu (Lf)

$$Lf = 0.3 \times a \tag{5}$$

Setelah perhitungan matematis dilakukan, maka akan dihasilkan ukuran dimensi antena. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Hasil Perancangan Antena

Parameter	Ukuran (mm)
Panjang Ground (lg)	54.382 mm
Lebar Ground (wg)	54.382 mm
Lebar subtrat(wg)	54.382 mm
Radius(a)	251.7 mm
Panjang Feeding (lf)	13.4 mm
Lebar Feding(wf)	3.06 mm
Lebar Insert (Wif)	1 mm
Panjang Insert (lif)	13 mm

Ketebalan Ground (t)	0.035 mm
Ketebalan Subtrat (h)	1.6 mm

3. RESULT DAN ANALISIS

3.1 Simulasi Antena Single Patch

Tabel 3. Perbandingan Ukuran Dimensi Single Patch

Parameter	Nilai sebelum Optimasi	Nilai Setelah Optimasi
Panjang sisi	251.7	42
Panjang groundplane	54.382	100
Lebar groundplane	54.382	90
Panjang feeding	13.4	24
Lebar feedline	3.06	2.9

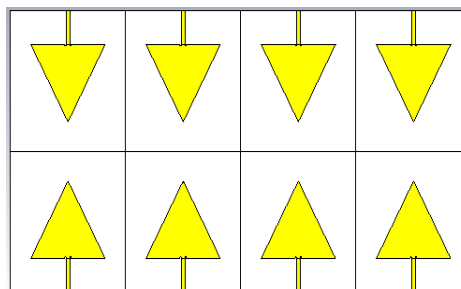
Tabel 4. Perbandingan Parameter Single Patch

Parameter	Single Patch Sebelum optimasi	Single Patch Setelah optimasi
VSWR	3.036	1.685
Returnloss	-5.9426dB	-11.8561dB
Gain	-4.503 dB	2.124 dB
Bandwidth	100 MHz	100 MHz
Pola Radiasi	Omnidirectional.	Omnidirectional.

Dari hasil simulasi antena single patch setelah optimasi pada tabel 4, nilai parameter seperti VSWR, return loss, gain, bandwidth, pola radiasi sudah memenuhi nilai spesifikasi yang dipersyaratkan.

3.2 Simulasi Antena MIMO 8x8

Hasil desain Antena MIMO 8x8 menggunakan CST Studio Suite 2019 terlihat seperti gambar 2.

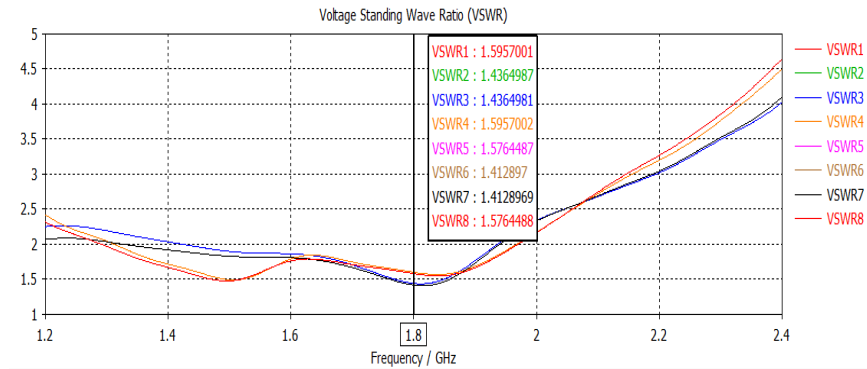


Gambar 2. desain Antena MIMO 8x8

Hasil parameter antenna MIMO 8x8 Patch Triangular sebagai berikut:

a. VSWR

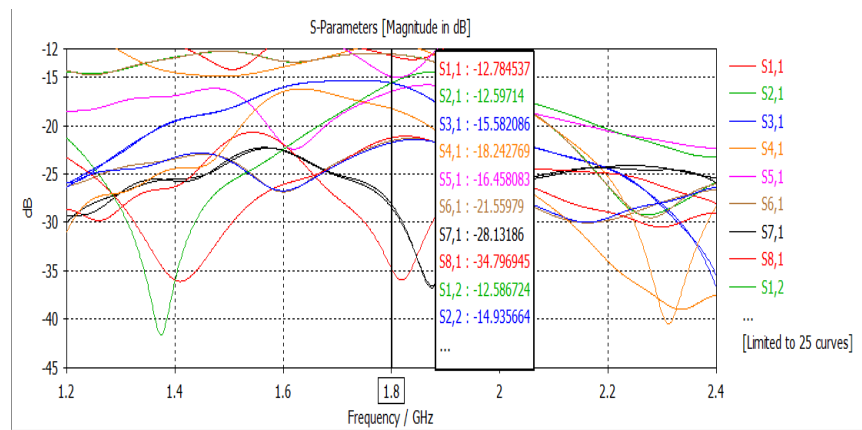
Pada gambar 3, hasil VSWR antena MIMO 8x8 sudah sesuai spesifikasi <2, yaitu sehingga diperoleh dengan rata-rata 1,50538



Gambar 3. VSWR Antena MIMO 8x8

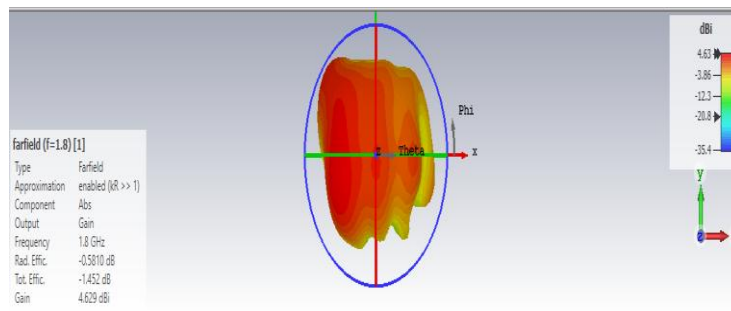
b. Return Loss

Pada gambar 4 nilai return loss dari grafik S-parameters Antena MIMO 8x8 sudah spesifikasi, sehingga diperoleh dengan rata-rata -12.969.247 dB



Gambar 4. Grafik s-parameter 8 patch

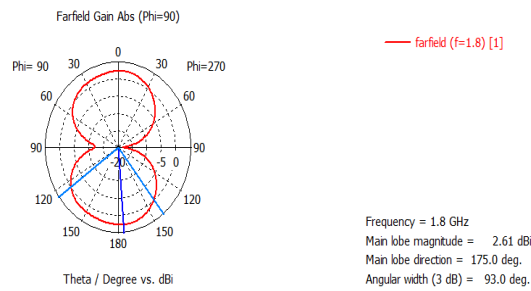
c. Gain



Gambar 5. Gain antena patch 1

Dari gambar 5 merupakan terlihat nilai gain antenna patch 1 sebesar 4,629 dBi. Dari hasil simulasi untuk semua patch didapatkan gain rata rata sebesar 4.064 dBi hasil tersebut sudah sesuai spesifikasi gain yaitu ≥ 2 dBi.

d. Pola radiasi

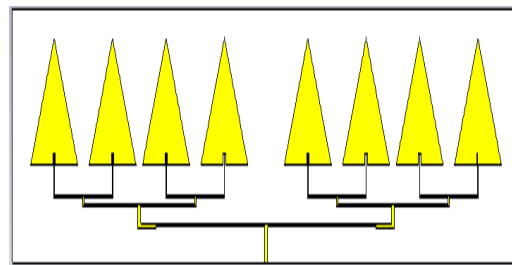


Gambar 6. Pola radiasi antenna patch 1

Pola radiasi antenna menunjukkan karakteristik bersifat omnidirectional artinya sinyal menyebar ke segala arah walaupun belum sempurna.

3.3 Simulasi Antena Array 8x1

Hasil desain Antena Array 8x1 menggunakan CST Studio Suite 2019 terlihat seperti gambar 7.

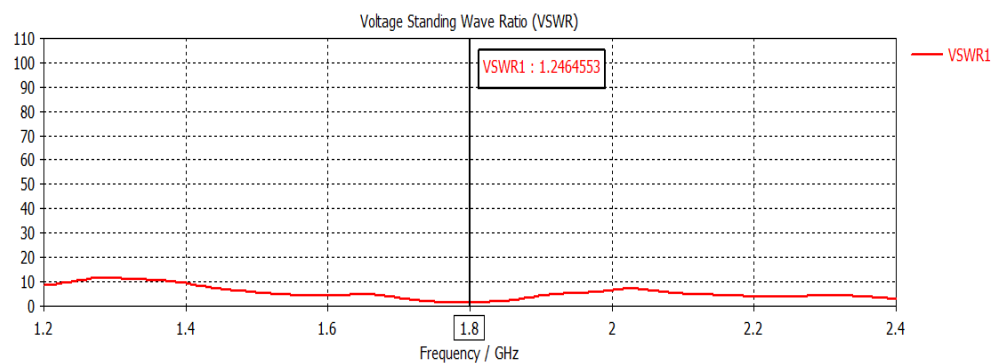


Gambar 7. Antena MIMO 8x1

Hasil parameter antenna MIMO 8x1 Patch Triangular sebagai berikut:

a. VSWR

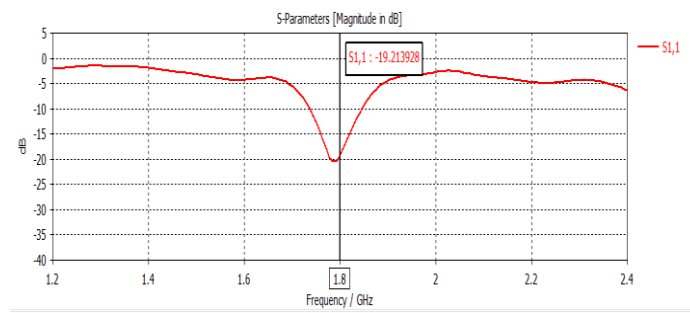
Pada gambar 8, hasil VSWR antenna Array 8x1 sudah sesuai spesifikasi <2 yaitu bernilai 1.2464553



Gambar 8. VSWR antenna array 8X1

b. Return Loss

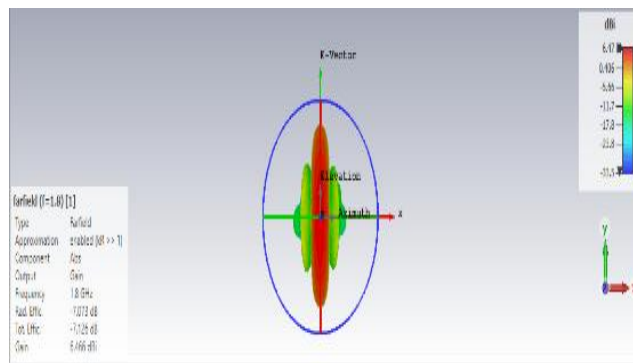
Pada gambar 9, hasil return loss sudah sesuai spesifikasi yang bernilai -19.213928



Gambar 9. S-parameters Antena Array 8x1

c. Gain

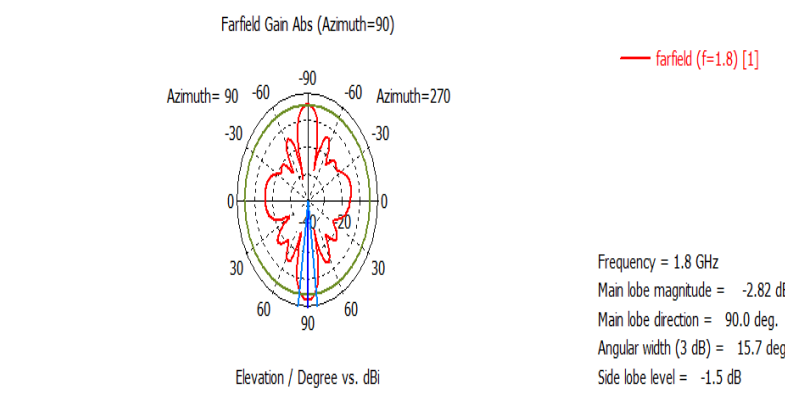
Pada gambar 10, hasil gain antenna Array sudah sesuai spesifikasi yaitu 6.466 dBi



Gambar 10. Gain antenna Array 8x1

d. Pola Radiasi

Pada gambar 11, Polaradiasi antenna Array 8x1 dari hasil simulasi CST Studio



Gambar 11. Pola Radiasi antenna Array 8X1

Tabel 5. Perbandingan Parameter Antena MIMO dan Array 8X1

Parameter	Spesifikasi Antenna	MIMO 8x8	Array 8x1
<i>Return loss</i>	< -10 dB	-12.969.247 dB	-19.213928 dB
VSWR	≤ 2 dB	1,50538 dB	1.2464553 dB
Gain	≥ 1 dBi	4.064 dBi	6.466 dBi
Pola radiasi	Omnidirectional	Omnidirectiona 1	Omnidirectional
Bandwith	100 Mhz	100 MHz	100 Mhz

Tabel 5. memperlihatkan perbandingan parameter antena MIMO dan array 8x1 meliputi return loss, vswr, gain dan bandwidth yang dibandingkan dengan nilai spesifikasi. Terlihat antena array 8x1 yang memiliki nilai return loss, vswr dan gain yang lebih maksimal dibandingkan antena MIMO.

3.4 Hasil Fabrikasi Antena

Tahapan selanjutnya adalah melakukan pabrikasi antena (gambar 11 dan gambar 12) dari hasil desain dan simulasi yang telah dibuat pada CST Studio



Gambar 11. Fabrikasi antena MIMO



Gambar 12. Fabrikasi antena Arary 8x1

3.5 Pengujian Keseluruhan

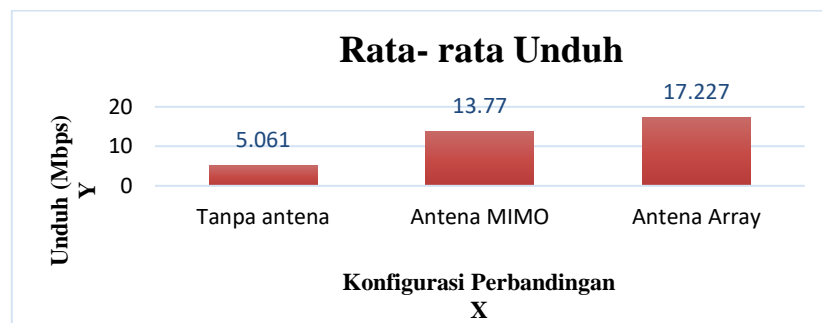
Tahapan selanjutnya pengujian perfomansi secara langsung pada lokasi Kebun Raya Balikpapan.



Gambar 13. Pengujian kedua antena (MIMO dan Array 8x1) Pada Lokasi Kebun Raya Balikpapan

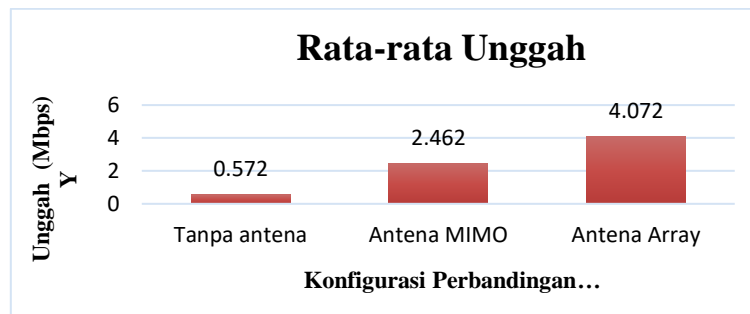
Tabel 6. Uji Kinerja Jaringan di Kebun Raya Balikpapan

Parameter	Tanpa antena	Antena MIMO	Antena Array
Unduh (Mbps)	5,061 Mbps	13,77 Mbps	17,227 Mbps
Unggah (Mbps)	0,572 Mbps	2,462 Mbps	4,072Mbps
Jitter (ms)	95,5 ms	49,8 ms	34,9 ms
Packet Loss (%)	31,46	18,43	14,18



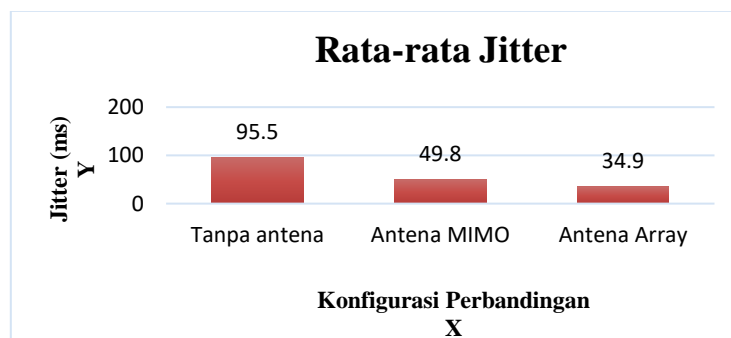
Gambar 14. Grafik rata-rata kecepatan unduh pada berbagai antena.

Grafik pada Gambar 14 menunjukkan perbandingan rata-rata kecepatan unduh pada tiga kondisi berbeda, yaitu tanpa antena, menggunakan antena MIMO, dan menggunakan antena Array. Pada kondisi tanpa antena, kecepatan unduh tercatat sebesar 5,061 Mbps. Ketika digunakan antena MIMO, kecepatan meningkat menjadi 13,77 Mbps, menunjukkan adanya peningkatan kinerja jaringan. Sementara itu, penggunaan antena Array memberikan hasil terbaik dengan kecepatan unduh mencapai 17,227 Mbps. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan antena, khususnya antena Array, secara signifikan mampu meningkatkan kualitas dan kecepatan koneksi internet.



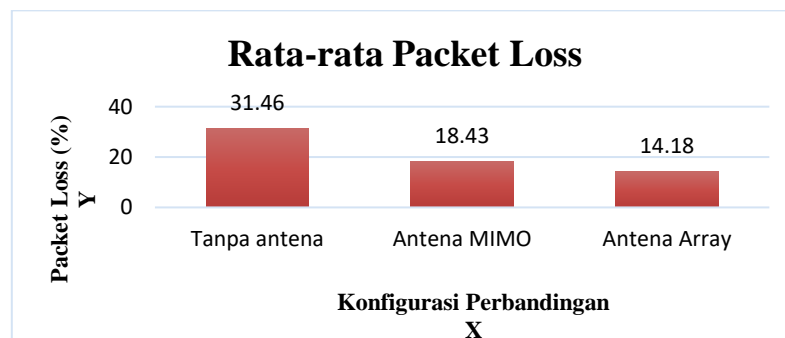
Gambar 15. Grafik rata-rata kecepatan unggah pada berbagai antenna.

Grafik pada Gambar 15 menunjukkan perbandingan rata-rata kecepatan unggah pada tiga konfigurasi berbeda, yaitu tanpa antenna, menggunakan antenna MIMO, dan menggunakan antenna Array. Pada kondisi tanpa antenna, kecepatan unggah hanya sebesar 0,572 Mbps. Ketika digunakan antenna MIMO, kecepatan unggah meningkat menjadi 2,462 Mbps, menandakan adanya peningkatan kinerja transmisi data. Sementara itu, penggunaan antenna Array menghasilkan kecepatan unggah tertinggi, yaitu sebesar 4,072 Mbps. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan antenna, khususnya antenna Array, sangat efektif dalam meningkatkan kecepatan unggah jaringan secara signifikan.



Gambar 16. Grafik rata-rata jitter sinyal pada berbagai antenna.

Grafik pada Gambar 16 menunjukkan perbandingan rata-rata jitter sinyal pada tiga konfigurasi antenna, yaitu tanpa antenna, menggunakan antenna MIMO, dan antenna Array. Nilai jitter tertinggi terjadi pada kondisi tanpa antenna, yaitu sebesar 95,5 ms, yang menandakan ketidakstabilan sinyal cukup tinggi. Saat digunakan antenna MIMO, nilai jitter turun menjadi 49,8 ms, menunjukkan peningkatan kestabilan sinyal. Penggunaan antenna Array memberikan hasil terbaik dengan nilai jitter terendah, yaitu 34,9 ms, yang berarti sinyal menjadi lebih stabil.



Gambar 17. Grafik rata-rata packet loss pada berbagai antenna.

Grafik pada Gambar 17 memperlihatkan perbandingan rata-rata packet loss atau kehilangan paket data pada tiga konfigurasi antena, yaitu tanpa antena, menggunakan antena MIMO, dan antena Array. Tanpa antena, nilai packet loss mencapai 31,46%, yang menunjukkan banyaknya data yang gagal dikirim dengan baik. Dengan penggunaan antena MIMO, nilai packet loss menurun menjadi 18,43%, memperlihatkan adanya peningkatan kualitas transmisi data. Hasil terbaik diperoleh pada penggunaan antena Array, di mana packet loss turun lebih rendah lagi menjadi 14,18%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan antena, terutama antena Array, mampu secara signifikan mengurangi jumlah data yang hilang saat transmisi, sehingga kualitas koneksi menjadi lebih baik dan stabil

4. DISCUSSION/CONCLUSION

Berdasarkan hasil simulasi, pengujian, analisis dan implementasi pada antena patch mimo 8x8 dan array 8x1 untuk memperkuat jaringan, dapat disimpulkan:

1. Hasil simulasi frekuensi 1.8 GHz antenna microstrip patch Triangular MIMO 8x8 menghasilkan nilai VSWR sebesar 1.50538 sedangkan antenna array 8x1 menghasilkan nilai 1.2464553. Return loss antenna MIMO 8x8 sebesar -12.969 dB, sedangkan pada array 8x1 sebesar -19.213 dB. Gain antenna MIMO 8x8 bernilai 4.064 dBi dan pada antenna array 8x1 bernilai 6.466 dBi. Pola radiasi keduanya bersifat omnidirectional.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan antena mikrostrip, baik konfigurasi MIMO 8x8 maupun array 8x1, mampu meningkatkan performa jaringan dibandingkan tanpa antena. Antena array 8x1 memberikan kecepatan unduh tertinggi yang sangat unggul sebesar 21.98 Mbps. Sementara antena MIMO dengan kecepatan unduh hanya 12.387 Mbps
3. Dengan adanya antena mikrostrip mimo 8x8 dan array 8x1 dapat memperkuat sinyal dalam sistem komunikasi nirkabel

REFERENCES

- Alif, M. dan S. M. W. (n.d.). *Rancang Bangun Antena Pada Frekuensi 2.1 GHz. Politeknik Negeri Ujung Pandang* *rancangan dan Analisis Antena Mikrostrip MIMO Circular Pada Frekuensi 2,35 Ghz Untuk Aplikasi LTE*.
- Arif, K., Astuti, R. P., & Prasetyo, A. D. (2021). *SISTEM ANTENA PEMANCAR MIMO (2 × 2) PATCH ELLIPTICAL PADA FREKUENSI 6 GHz UNTUK INDOOR BTS MIMO ANTENNA TRANSMITTER SYSTEM 2 × 2 FOR INDOOR BTS 5G WITH ELLIPTICAL PATCH AT 6 GHz FREQUENCY*. 8(5), 5494–5504.
- Assiddiq, M. I., Putra, U., Surjati, I., & Tjahjadi, G. (n.d.). *PERANCANGAN ANTENA MICROSTRIP DUAL BAND PATCH*. 4(2), 95–104.
- Bakare, B. I., & Abidde, W. N. (2022). *A Technical Review of Long Term Evolution (LTE) Operations*. 04, 132–137.
- Budi, I. M. P., Nugraha, E. S., & Agung, A. (2017). *Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip MIMO Circular Pada Frekuensi 2 , 35 Ghz Untuk Aplikasi LTE*. 9(1), 136–146.
- E. Dahlman., S. Parkvall., J. S. (2016). *4G LTE-Advanced Pro and the road to 5G*”.
- Gusti, H., Prahara, A., Elektro, S. T., Teknik, F., & Negeri, U. (2015). *Antena Mikrostrip Triangular Array 2x1 untuk Aplikasi Wireless Fidelity (Wi-Fi) pada Frekuensi 5 . 4 GHz Nurhayati , I Gusti Putu Asto Buditjahjanto , Hapsari Peni Agustin*. 11.
- Natsir, N. U. R. I., Elektro, J. T., Negeri, P., & Pandang, U. (2022). *RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP 2X1 ARRAY RECTANGULAR PATCH DENGAN U-SLOT UNTUK JARINGAN 5G*.
- Noviyanti, C., & Ludiyati, H. (n.d.). *Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip 4x4 MIMO Berbahan Material Dielektrik Artifisial dengan Menggunakan Mode Gelombang TM 11 (Pola Crepes) untuk Meningkatkan Gain Antena Repeater pada Aplikasi LTE*. 11, 362–368.
- Sofitri Rahayu, T. A. W. (2019). *PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MIKROSTRIP SATU ELEMEN PADA FREKUENSI WLAN 2,4 GHZ*. 10(2).
- Amin, M., & Sari, N. P. (2023). Analisis Kinerja Antena Mikrostrip Patch Segitiga untuk Aplikasi Komunikasi 4G LTE 1800 MHz. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 12(2), 145–156.
- Ananda, B. G., & Syafitri, L. (2023). Studi Komparasi Substrat FR4 dan Rogers RT5880 pada Kinerja Antena Mikrostrip Patch Triangular 1800 MHz. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*

- (JEEE), 5(2), 101–112.
- Firdaus, R., & Kurniawan, A. (2023). Desain Antena Mikrostrip Single Band Berbentuk Segitiga Sama Sisi untuk Frekuensi 1800 MHz. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 28(1), 77–88.
- Kurniawati, D., & Setiawan, E. (2023). Implementasi Antena Directional 1800 MHz untuk Solusi Konektivitas Internet di Daerah Terpencil. *Jurnal Teknologi Broadband*, 4(1), 33–44.
- Nugroho, S. A., & Maulana, F. (2023). Analisis Pengaruh Ground Plane terhadap Return Loss dan Pola Radiasi Antena Patch Segitiga. *Jurnal Sains dan Teknologi Telekomunikasi (JSTT)*, 2(2), 67–78.
- Pratama, H., & Jannah, R. (2024). Perancangan Antena Mikrostrip dengan Konfigurasi Array 2x2 Patch Triangular untuk Peningkatan Gain pada Jaringan Internet Area Terbuka. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 11(1), 123–134.
- Putra, D. A., & Wahyuni, R. (2023). Simulasi dan Realisasi Antena Patch Triangular dengan Substrat FR4 untuk Penguatan Sinyal pada Frekuensi 1.8 GHz. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENTIKA)*, 10(1), 89–98.
- Ramadhan, I., & Septyan, A. (2023). Aplikasi Antena Mikrostrip Sebagai Penguat Sinyal Internet di Kawasan Hutan Lindung: Studi Kasus di Taman Nasional Gunung Halimun Salak. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 19(3), 45–57.
- Saputra, R., & Damayanti, W. (2024). Rancang Bangun Sistem Penguat Sinyal Cellular 1800 MHz untuk Mendukung Ekowisata Digital. *Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE) 2024*, 301–310.
- Sari, M., & Hidayat, R. (2023). Optimasi Desain Antena Patch Segitiga Menggunakan Metode Slot untuk Peningkatan Bandwidth pada Frekuensi 1.8 GHz. *Jurnal Elektronik dan Telekomunikasi Indonesia*, 9(3), 210–222.