

**ANTENA MULTIPLE INPUT MULTIPLE OUTPUT (MIMO) UNTUK BASE TRANCEIVER STATION (BTS) SISTEM PEMANTAU SUNGAI CITARUM PADA INDUSTRIAL, SCIENTIFIC, AND MEDICAL (ISM) BAND 2,4-2,5 GHz**

**(MULTIPLE INPUT MULTIPLE OUTPUT (MIMO) ANTENNA FOR BASE TRANCEIVER STATION (BTS) CITARUM RIVER MONITORING SYSTEM ON INDUSTRIAL, SCIENTIFIC, AND MEDICAL (ISM) BAND 2,4-2,5 GHz)**

Erlangga Catur Pradana<sup>1</sup>, Rina Pudji Astuti<sup>2</sup>, Trasma Yunita<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>erlcapra@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

---

**Abstrak**

Perangkat monitoring sungai Citarum memerlukan sistem transmisi yang dapat mengirimkan data secara *real time*. Oleh karena itu sistem antenna MIMO dapat menjadi solusi karena menawarkan peningkatan kapasitas dan *throughput* secara keseluruhan, meningkatkan data rate, dan mampu mengurangi kerugian akibat *multipath fading*. Fokus penelitian ini adalah menghasilkan antenna yang memiliki *gain* tinggi dan *bandwidth* yang lebar guna memenuhi spesifikasi standar dari BTS yang diperlukan. Metode *array* tujuannya untuk meningkatkan *gain* dan menghasilkan pola radiasi yang memiliki karakteristik tertentu. Oleh karena itu penelitian ini mencoba menggabungkan metode *array* dan MIMO yang mempunyai model antenna mikrostrip berbentuk *circular*, menggunakan ISM Band yang bekerja pada rentang frekuensi 2,4 GHz sampai 2,5 GHz. Pada penelitian ini Antena MIMO 2x2 dengan port yang disusun secara vertikal yang paling sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dengan menghasilkan VSWR 1,25 yang bekerja pada rentang frekuensi 2,383-2,484 GHz, *bandwidth* 101,5 MHz, dan *gain* 6,362 dB. Pola radiasi yang dihasilkan adalah *unidirectional* dan polarisasi yang dihasilkan adalah *linier*.

**Kata Kunci:** *MIMO, Array, Gain, Bandwidth, Polarisasi, Pola Radiasi*

---

**Abstract**

Citarum river monitoring device requires a transmission system that can transmit data in real time. Therefore the MIMO antenna system can be a solution because it offers increased capacity and power, increases data rates, and is able to reduce losses due to multipath fading. The focus of this research is to produce antennas that have high gain and wide bandwidth to meet the required BTS standard specifications. Array method aims to increase gain and produce radiation patterns that have certain characteristics. Therefore, this study tries to combine array and MIMO methods which have circular shaped microstrip antenna models, using ISM Bands that work in the 2.4 GHz to 2.5 GHz frequency range. In this study 2x2 MIMO Antennas with vertically arranged ports that best fit the desired specifications by producing VSWR 1.25 that work in the frequency range 2.338-2.484 GHz, bandwidth 101.5 MHz, and gain 6.362 dB. The resulting radiation pattern is unidirectional and the resulting polarization is linear.

**Key Word:** *MIMO, Array, Gain, Bandwidth, Polarization, Radiation Pattern*

---

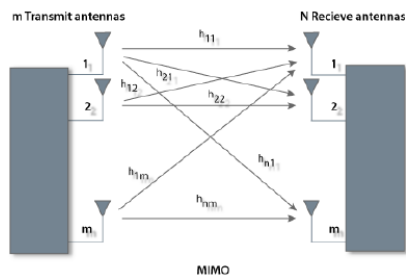
**1. Pendahuluan**

Sungai Citarum merupakan sebuah sungai yang telah memberikan begitu banyak manfaat bagi masyarakat Jawa Barat. Saat ini kondisi di sungai Citarum sangat memprihatinkan, selain sedimentasi tanah yang tinggi, terjadi penggundulan hutan di hulu sungai serta masalah sampah dan limbah yang menjadikan sungai Citarum masuk pada kategori sungai paling tercemar di dunia. pada penelitian ini menggunakan sistem transmisi antenna MIMO yang dibangun di Base Tranceiver Terminal (BTS) bantaran sungai Citarum. Antena MIMO diharapkan dapat menghasilkan *gain* tinggi dan *bandwidth* yang cukup untuk mencakup daerah jelajah dari perangkat tersebut. Antena mimo juga dipilih untuk untuk meningkatkan *datarate* sehingga mencapai jumlah ratusan mega bit per detik. Antena MIMO yang menggunakan bentuk antena mikrostrip dengan patch *circular* akan lebih mudah dimodifikasi untuk menghasilkan jarak nilai impedansi, pola radiasi, dan frekuensi kerja. Maka diusulkan perancangan antena MIMO dengan elemen *array* untuk dikaji pada penelitian ini guna menghasilkan sistem transmisi yang dapat mencakup daerah jelajah dari perangkat *monitoring* sungai citarum.

**2. Dasar Teori**

**2.1 Multiple Input Multiple Output (MIMO)**

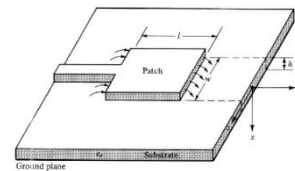
Teknologi *multiple input multiple output* (MIMO) merupakan teknologi nirkabel yang menggunakan pemancar dan penerima lebih dari satu untuk mentransfer lebih banyak data pada satu waktu. Teknologi MIMO memanfaatkan gelombang radio yang disebut *multipath* dimana informasi yang dikirim memantul dari dinding, langit-langit, dan objek lainnya, dan diterima oleh penerima beberapa kali melalui sudut yang berbeda dan pada waktu yang sedikit berbeda.



**Gambar 1.** Prinsip Kerja MIMO

**2.2 Antena Mikrostrip**

Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk bisa memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik.[3] Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi. Antena mikrostrip dibuat dengan menggunakan sebuah substrat yang mempunyai tiga buah elemen dasar yaitu peradiasi (*radiator*), elemen substrat (*substrate*), dan elemen pentanahan (*ground*).[5]



**Gambar 2.** Struktur Antena Mikrostrip.

**2.3 Antena Array**

Antena array merupakan gabungan beberapa antena yang disusun menjadi satu set antena. Antena array dapat dibuat dengan cara menggabungkan beberapa antena menjadi satu antena. Dengan menjadikan antena mikrostrip yang berbentuk single menjadi array, akan mendapatkan hasil yang lebih baik karena akan meningkatkan gain dari antena tersebut. Tujuan dari di buatnya sebuah antena *array* adalah untuk menghasilkan pola radiasi yang memiliki karakteristik tertentu yang diinginkan dengan beberapa elemen menjadi satu dan untuk meningkatkan *gain*

**2.4 Dimensi Antena**

Tahapan awal perancangan antena adalah perhitungan nilai dimensi antena yang diperlukan untuk proses *design* antena. Dalam perancangan antena, ukuran dimensi antena akan sangat mempengaruhi karakteristik antena yang akan direalisasikan. Secara umum nilai frekuensi kerja yang digunakan akan menentukan fisik dari dimensi antena, semakin tinggi frekuensi maka dimensi antena akan semakin kecil.[6] Frekuensi yang digunakan pada penelitian ini adalah 2,3 GHz – 2,5 GHz. Untuk perhitungan f dimensi antena terlebih dahulu ditetapkan nilai:

- a. Frekuensi kerja antena ( $f_c$ ) = 2450 MHz
- b.  $\epsilon_r$  bahan (*Efoxy*) = 4,4
- c.  $\mu_r$  = mendekati 1 (Udara)
- d. tebal *patch* = 0,035 mm
- e. tebal *substrat* = 1,6 mm

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk perhitungan dimensi antena.

**1. Menentukan Patch Circular**

$$F = \frac{8.789 \times 10^9}{f_c \sqrt{\epsilon_r}} \tag{2.1}$$

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[ \ln \left( \frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \tag{2.2}$$

$$r = \left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[ \ln \left( \frac{\pi a}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2} \tag{2.3}$$

Keterangan:

- $f_c$  = frekuensi resonansi (Hz)
- $\epsilon_r$  = konstanta dielektrik bahan substrat
- $h$  = ketebalan substrat dielektrik (mm)
- $a$  = jari-jari efektif patch (cm)

**2. Menentukan lebar saluran pencatu.**

$$B = \frac{60(\pi)^2}{z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \tag{2.4}$$

dimana,

$z_0$  = Impedansi Karakteristik saluran (50  $\Omega$ )

Untuk menentukan lebar saluran pencatu dapat digunakan persamaan berikut:

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r}{2\epsilon_r} [\ln(B - 1 + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r})] \right\} \quad (2.5)$$

Untuk menentukan panjang saluran pencatu dapat digunakan persamaan berikut:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( 1 + \frac{12h}{W_f} \right)^{-1/2} \quad (2.6)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{f_c \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.7)$$

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$W_f$ =Lebar feedline (mm)

$L_f$ =Panjang feedline (mm)

3. Menentukan dimensi ground plane dan substrat:

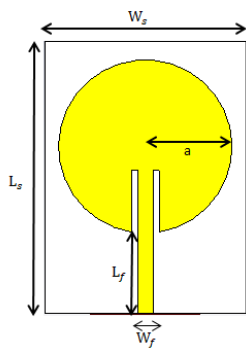
$$L_s = 6h + R \quad (2.9)$$

$$W_s = 6h + \frac{\pi}{2} R \quad (2.10)$$

Keterangan:

$L_g$ = panjang groundplane

$W_g$ = Lebar groundplane



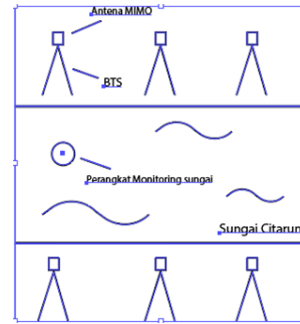
Gambar 3. Dimensi Antena Mikrostrip Circular

### 3. Perancangan Sistem

Sistem perancangan pada penelitian ini antena MIMO Array 2x2 dengan bentuk patch *circular* tujuannya adalah untuk memenuhi spesifikasi dari antena yang sudah disesuaikan dengan tujuan penelitian ini. Antena didesain untuk BTS di bantaran sungai Citarum sebagai sistem transmisi perangkat monitoring sungai, khususnya pada ISM Band 2,4-2,5 GHz. Dalam perancangannya, akan digunakan *software* perancangan antena.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *trial and error*, dengan menambahkan patch hingga memenuhi spesifikasi yang diinginkan penelitian ini juga melakukan eksplorasi dengan cara menyusun port secara vertikal melihat apakah ada pengaruhnya terhadap hasil yang didapat. Optimasi akan dilakukan jika parameter belum terpenuhi, dapat dilakukan penentuan kembali dimensi dari inset feed untuk mengoptimasi *bandwidth* dan *gain*

Pada penelitian ini Antena MIMO yang dirancang akan dipasang disekitar Sungai Citarum sesuai dengan Gambar 4.



Gambar 4 Ilustrasi BTS di sekitar Sungai Citarum

### 3.1 Spesifikasi Antena

Untuk merancang suatu antena, diperlukan suatu spesifikasi khusus yang sudah disiapkan sehingga dapat memudahkan proses perancangan dan menjadi acuan dalam pembuatan suatu antena. Jenis antena yang dirancang adalah antena mikrostrip dengan *patch* berbentuk *circular* dengan menggunakan frekuensi 2,4-2,5 GHz pada ISM Band. Adapun spesifikasi yang diharapkan dapat tercapai adalah sebagai berikut.

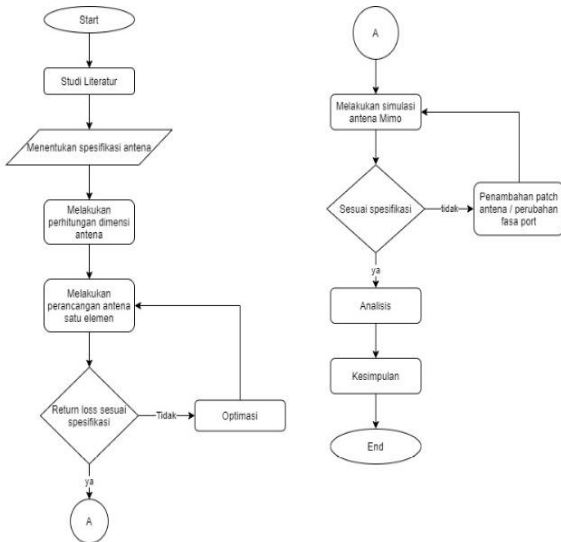
Tabel 1 Spesifikasi Antena yang Akan Dirancang

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi	2,4-2,5 GHz
Gain	≥ 3dB
VSWR	≤ 2 dB
Bandwidth	≥ 100 MHz
Pola Radiasi	Unidirectional
Mutual Coupling	≤ -20 dB

### 3.2 Diagram Alir Perancangan

Perancangan antena dimulai dengan menentukan bentuk antena yang akan dirancang serta spesifikasi yang ingin dicapai. Setelah bentuk antena telah ditetapkan, dilakukan studi literatur untuk menentukan persamaan yang akan digunakan untuk menghitung ukuran-ukuran antena, mulai dari ukuran *groundplane*, *substrat* hingga *patch* maupun slot dari antena. Antena dirancang menggunakan metode *array* MIMO serta metode lainnya hingga parameter-parameter yang diinginkan tercapai.

Perancangan sistem pada tugas akhir ini secara umum digambarkan dalam diagram alir pada gambar 5.



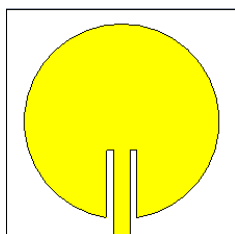
Gambar 5 Diagram Alir Perancangan Antena

3.3 Simulasi Antena

Langkah awal dalam penelitian ini adalah dengan membuat antena single elemen dengan nilai-nilai sesuai dengan dimensi perhitungan seperti pada Tabel 2. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (2.1) sampai dengan (2.10) akan didapatkan nilai-nilai dimensi antena sebagai berikut.

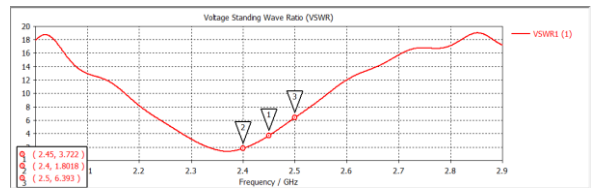
Tabel 2 Dimensi Antena Berdasarkan Perhitungan

Keterangan	Parameter List/Symbol	Dimensi (mm)
Jari-jari Patch	<i>a</i>	17,840
Tebal Patch	<i>t</i>	0,035
Lebar Feeder	<i>wf</i>	3,057
Panjang Feeder	<i>lf</i>	4,715
Panjang Ground Plane	<i>ls</i>	17,85
Lebar Ground Plane	<i>ws</i>	28,02
Tebal Substrate	<i>h</i>	1,6
Jarak antar elemen antena	<i>Lamda</i>	63,830
Jarak Patch dengan tepi Substrate	<i>Wg</i>	4,5



Gambar 6 Antena Mikrostrip Circular Dengan Dimensi Perhitungan

Dengan dimensi perhitungan seperti yang terdapat pada Tabel 2 maka antena ini menghasilkan nilai VSWR yang belum sesuai dengan spesifikasi seperti yang terdapat pada Gambar 7. Nilai yang harus dicapai untuk VSWR sesuai dengan Tabel 1 adalah ≤ 2 dB

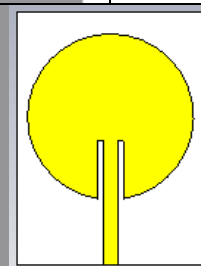


Gambar 7 nilai VSWR Antena Mikrostrip Single Patch Dengan Dimensi Perhitungan

Berdasarkan hasil perancangan antena yang telah dilakukan dapat diamati hasil dari dimensi perhitungan diperlukan optimasi perangkat tersebut guna mencapai parameter yang diinginkan. Perubahan dimensi antena setelah optimasi seperti pada Tabel 3

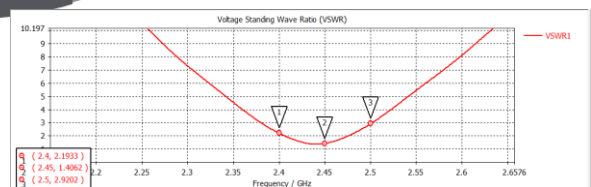
Tabel 3 Dimensi Antena Setelah Optimasi

Keterangan	Parameter List/Symbol	Dimensi (mm)
Jari-jari Patch ( <i>R</i> )	<i>a</i>	17,35
Tebal Patch	<i>t</i>	0,035
Lebar feeder	<i>wf</i>	3,057
Panjang feeder	<i>lf</i>	16,7
Panjang Ground Plane	<i>ls</i>	36,3669
Lebar Ground Plane	<i>ws</i>	26,793
Tebal Substrate	<i>h</i>	1,6
Jarak antar elemen antena	<i>Lamda</i>	63,830
Jarak Patch dengan tepi Substrate	<i>Wg</i>	4,5



Gambar 8 Antena Mikrostrip Circular Setelah Optimasi

Dengan dimensi antena yang telah dioptimasi maka spesifikasi yang diinginkan telah dicapai. Nilai VSWR sudah sesuai spesifikasi pada frekuensi tengah atau 2,45 GHz yaitu 1,406 dB seperti terlihat pada Gambar 9

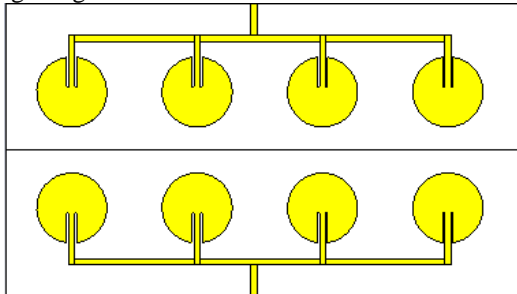


Gambar 9 Nilai VSWR Pada Antena Mikrostrip Circular Setelah Optimasi

Dikarenakan fokus penelitian ini Sistem perancangan pada penelitian ini antena MIMO Array 2x2 dengan bentuk patch circular maka simulasi antena diterapkan pada antena mikrostrip menggunakan teknik array MIMO pada antena 2x2 dengan 1 elemen, 2x2 dengan 2 elemen, 2x2 dengan 3

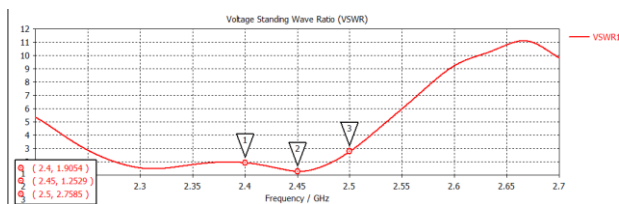
elemen, 2x2 dengan 4 elemen, serta melakukan eksplorasi berupa penyusunan patch secara vertikal pada antenna MIMO 2x2 dengan 3 patch dan 4 patch.

Setelah dilakukan proses perancangan antenna menggunakan metode *trial and error* dengan eksplorasi penambahan *patch* dan penyusunan port secara horizontal dan vertikal maka didapatkan antenna MIMO 2x2 dengan 4 patch dan port yang disusun vertikal yang paling sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.



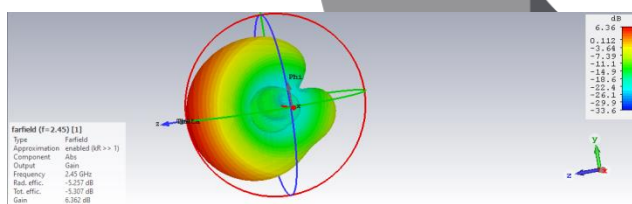
Gambar 10 Antena MIMO 2x2 Dengan 4 Patch dan Port Disusun Vertikal

Untuk nilai VSWR sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, seperti pada Gambar 11 nilai VSWR pada frekuensi kerja adalah 1,253 dB.

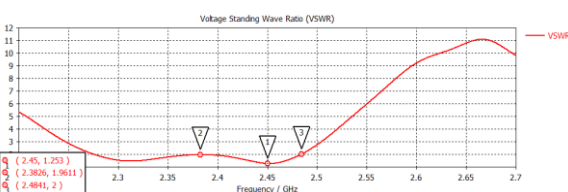


Gambar 11 Nilai VSWR Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 4 Patch dan Port Disusun Vertikal

Untuk nilai *gain* juga mengalami peningkatan yang cukup besar dari sebelumnya, seperti pada Gambar 12, nilai *gain* meningkat menjadi 6,362 dB.



Gambar 12 Nilai Gain Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 4 Patch dan Port Disusun Vertikal



Gambar 13 Nilai Bandwidth Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 4 Patch dan Port Disusun Vertikal

Besar *Bandwidth* yang dihasilkan berdasarkan Gambar 3.29 dapat diperoleh sebagai berikut.

$$BW = F_h - F_l$$

$$= (2,4841 \text{ GHz} - 2,3826 \text{ GHz})$$

$$= 0,1015 \text{ GHz}$$

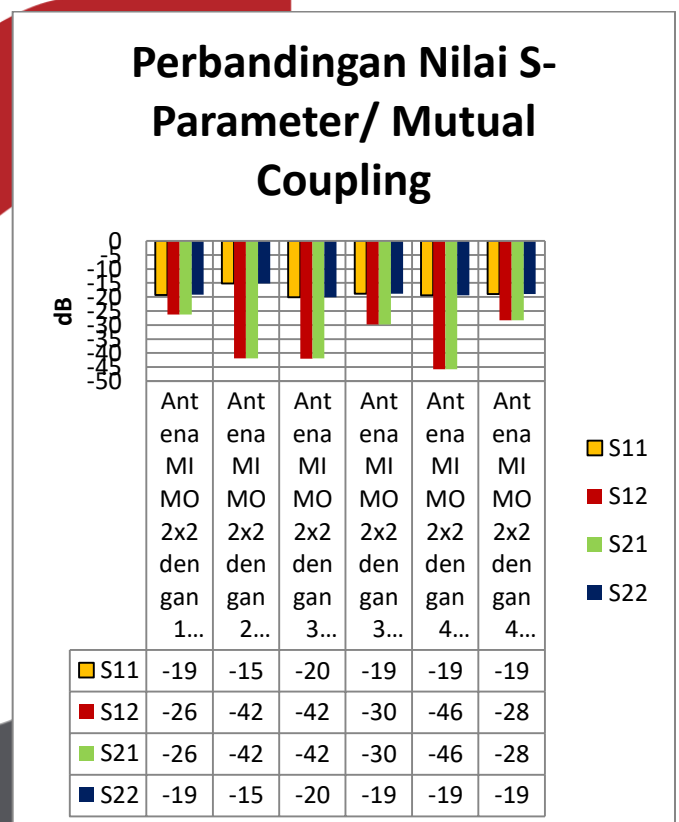
$$= 101,5 \text{ MHz}$$

4. Hasil dan Analisis

Metode analisis yang digunakan akan membandingkan hasil simulasi dengan spesifikasi yang diinginkan.

4.1 Perbandingan Nilai S-Parameter dan Mutual Coupling

Nilai S-Parameter yang dihasilkan dari skema perancangan selalu berubah, hal ini dikarenakan adanya efek *mutual coupling*, semakin kecil nilai *mutual coupling* antar antenna, maka tidak akan saling mempengaruhi satu sama lain. Nilai S-Parameter dan *mutual coupling* yang dihasilkan dapat dilihat dari digram dibawah ini..



Gambar 14 Perbandingan nilai S-Parameter dan Mutual Coupling

Dari Gambar 14 diatas dapat dilihat bahwa nilai *s-parameter* sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu  $\leq 10$  dB. Akan tetapi terjadi peningkatan *mutual coupling* dengan port yang disusun vertikal. Tetapi hal tersebut masih sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu nilai *mutual coupling*  $\leq -20$  dB pada saat S1.2 dan S2.1.

4.2 Perbandingan Nilai VSWR

Besarnya nilai VSWR berpengaruh terhadap sinyal pantul, semakin besar nilai VSWR maka sinyal pantul semakin buruk dan sebaliknya semakin kecil nilai VSWR maka sinyal pantul semakin bagus. Nilai VSWR yang dihasilkan dapat dilihat dari Tabel 4 Nilai VSWR yang diamati diambil dari frekuensi tengah yaitu 2,45 GHz.



**Tabel 4 Nilai VSWR dari Tiap Antena**

Skenario Antena	Frekuensi 2,45 GHz
Antena 1 patch sebelum optimasi	3,707
Antena 1 patch setelah optimasi	1,331
Antena MIMO 2x2 dengan 1 elemen	1,242
Antena MIMO 2x2 dengan 2 elemen	1,412
Antena MIMO 2x2 dengan 3 elemen dan port yang disusun horizontal	1,035
Antena MIMO 2x2 dengan 3 elemen dan port yang disusun vertikal	1,26
Antena MIMO 2x2 dengan 4 elemen dan port yang disusun horizontal	1,238
Antena MIMO 2x2 dengan 4 elemen dan port yang disusun vertikal	1,25

Semua desain sudah memenuhi spesifikasi VSWR kecuali single elemen yang belum dioptimasi. Hal ini berarti antara antena dengan saluran transmisi/port sudah cukup sepadan impedansinya.

**4.3 Perbandingan Nilai Bandwidth**

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai VSWR sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu  $\leq 2$ . Akan tetapi terjadi peningkatan pada antena dengan port yang disusun vertikal. Hal ini disebabkan oleh efek *mutual coupling*, tetapi dengan penyusunan port secara vertikal malah menambahkan nilai *bandwidth*, Nilai Bandwidth yang dihasilkan dapat dilihat dari Tabel 5

**Tabel 5 Nilai bandwidth dari Tiap Antena**

Skenario Antena	Frekuensi 2,45 GHz
Antena MIMO 2x2 dengan 1 elemen	68,2 MHz
Antena MIMO 2x2 dengan 2 elemen	77,6 MHz
Antena MIMO 2x2 dengan 3 elemen dan port yang disusun horizontal	78,9 MHz
Antena MIMO 2x2 dengan 3 elemen dan port yang disusun vertikal	79,5 MHz
Antena MIMO 2x2 dengan 4 elemen dan port yang disusun horizontal	99,7 MHz
Antena MIMO 2x2 dengan 4 elemen dan port yang disusun vertikal	101,5 MHz

Dapat dilihat dari Tabel 5 bahwa nilai *bandwidth* dipengaruhi oleh penambahan *patch* pada masing-masing port dan penyusunan port secara vertikal. Pada antena MIMO 2x2 dengan 4 elemen dan port yang disusun vertikal memenuhi spesifikasi yang diinginkan yang bekerja pada rentang frekuensi 2,383-2,484 GHz.

**4.4 Perbandingan Nilai Gain**

Pengukuran gain bertujuan untuk dapat mengetahui besarnya penguatan daya yang dihasilkan dari antena yang sudah dibuat.. Nilai *gain* yang dihasilkan dapat dilihat dari Tabel 6

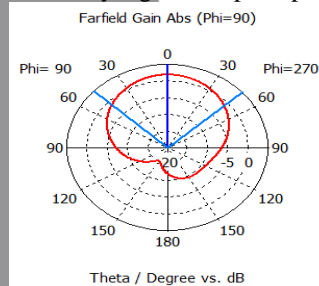
**Tabel 6 Nilai gain dari tiap antena**

Skenario Antena	Gain
Antena MIMO 2x2 dengan 1 elemen	1,873 dB
Antena MIMO 2x2 dengan 2 elemen	4,705 dB
Antena MIMO 2x2 dengan 3 elemen dan port yang disusun horizontal	5,041 dB
Antena MIMO 2x2 dengan 3 elemen dan port yang disusun vertikal	5,480 dB
Antena MIMO 2x2 dengan 4 elemen dan port yang disusun horizontal	6,243 dB
Antena MIMO 2x2 dengan 4 elemen dan port yang disusun vertikal	6,362 dB

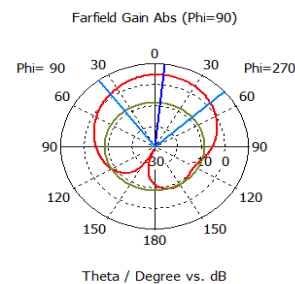
Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa *gain* antena sangat dipengaruhi oleh penambahan *patch*. Dari Tabel 4.3 dapat dilihat semua desain sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan kecuali MIMO 2x2 dengan 1 elemen.

**4.5 Perbandingan Pola Radiasi Antena**

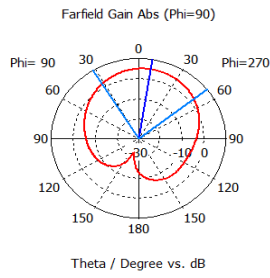
Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan dapat diperoleh pola radiasinya, pola radiasi dari arah elevasi pada Antena yang dilihat pada phi=90



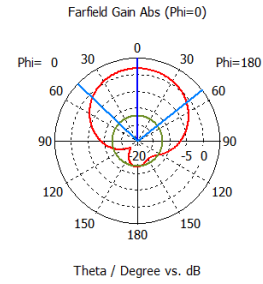
**Gambar 15 Pola Radiasi Arah Elevasi Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 1 Elemen**



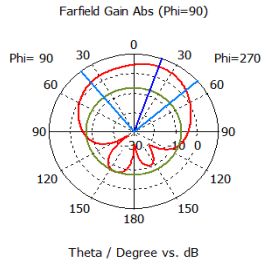
**Gambar 16 Pola Radiasi Arah Elevasi Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 2 Elemen**



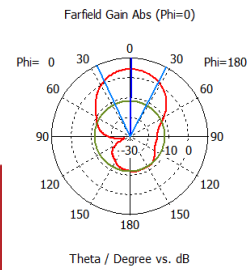
**Gambar 17 Pola Radiasi Arah Elevasi Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 3 Elemen**



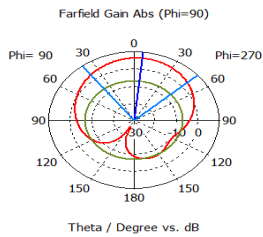
**Gambar 21 Pola Radiasi Arah Azimuth Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 1 Elemen**



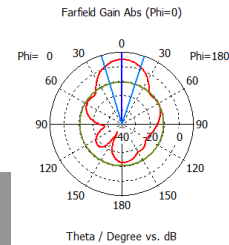
**Gambar 18 Pola Radiasi Arah Elevasi Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 3 Elemen dan Port yang Disusun Vertikal**



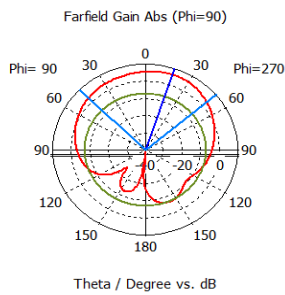
**Gambar 22 Pola Radiasi Arah Azimuth Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 2 Elemen**



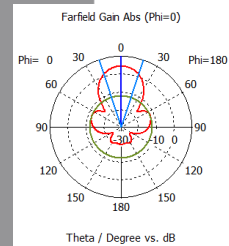
**Gambar 19 Pola Radiasi Arah Elevasi Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 3 Elemen**



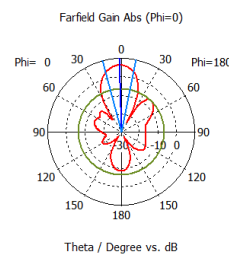
**Gambar 23 Pola Radiasi Arah Azimuth Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 3 Elemen**



**Gambar 20 Pola Radiasi Arah Elevasi Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 4 Elemen dan Port yang Disusun Vertikal**



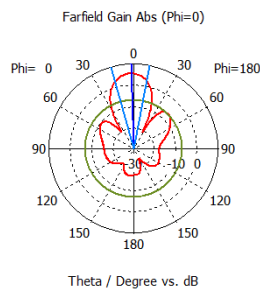
**Gambar 24 Pola Radiasi Arah Azimuth Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 3 Elemen dan Port yang Disusun Vertikal**



**Gambar 25 Pola Radiasi Arah Azimuth Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 4 Elemen**

Seperti pada Gambar 15 sampai 20 pola radiasi arah elevasi tiap antena menghasilkan pola radiasi *unidirectional* hal ini bisa dikatakan seperti itu karena *main lobe* lebih mengacu pada satu arah pancaran.

Selain arah elevasi, ada juga arah azimuth. Pola radiasi dari arah azimuth pada Antena yang dilihat pada  $\phi=0^\circ$



**Gambar 26 Pola Radiasi Arah Azimuth Pada Antena MIMO 2x2 Dengan 4 Elemen dan Port yang Disusun Vertikal**

Seperti pada Gambar 21 sampai 26 pola radiasi arah azimuth tiap antenna menghasilkan pola radiasi *unidirectional* hal ini bisa dikatakan seperti itu karena *main lobe* lebih mengacu pada satu arah pancaran.

#### 4.6 Analisis Performansi Antena

Spesifikasi yang diinginkan berdasarkan kebijakan IEEE 802.11n, dimana frekuensi kerja yang dipakai adalah 2,4-2,5 GHz yang bekerja pada ISM Band dan sistem antenna yang digunakan adalah MIMO Berdasarkan hasil-hasil yang telah diperoleh maka dapat dianalisis bahwa antenna mimo 2x2 dengan 4 patch dan port yang disusun vertikal adalah yang paling memenuhi spesifikasi yang diinginkan seperti pada Tabel 1.

Seperti tujuan dari penelitian ini yaitu merancang antenna MIMO dengan *gain* yang tinggi dan *bandwidth* yang lebar, pada penelitian ini metode *array*, penambahan *patch* dan penyusunan port secara vertikal terbukti dapat meningkatkan nilai dari *gain* dan *bandwidth* sehingga memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

### 5. Kesimpulan dan Saran

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Nilai S-Parameter dan *mutual* pada antenna mengalami penurunan disebabkan penambahan metode *array* dan terjadi peningkatan akibat penyusunan port secara vertikal, tetapi semua nilai masih <20 dB pada saat S12 dan S21. Pada saat port disusun secara horizontal menghasilkan nilai S-Parameter <40 dB, sedangkan pada saat port disusun secara vertikal menghasilkan nilai S-Parameter <28 dB.
2. Nilai VSWR yang dihasilkan sudah sesuai spesifikasi yang diinginkan ketika dimensi antenna sudah dioptimasi. Pada semua rancangan antenna menghasilkan nilai VSWR <1.5 dB hal ini berarti antar antenna dengan saluran transmisi/port sudah cukup sepadan impedansinya.
3. Pada penelitian ini penambahan metode *array* antenna dan penyusunan port secara vertikal adalah metode yang efisien untuk meningkatkan nilai *bandwidth*, dan rentang frekuensi yang dihasilkan sesuai dengan frekuensi yang diinginkan yaitu di sekitar *range* 2,4-2,5 GHz.
4. Nilai *gain* dari antenna dipengaruhi oleh penambahan metode *array*, terbukti ketika hanya

*single* elemen, *gain* yang dihasilkan hanya 1,873 dB tetapi setelah penambahan *patch* terjadi peningkatan menjadi 4,7505 dB. Ketika melakukan eksplorasi perancangan antenna dengan menyusun port secara vertikal juga mengalami peningkatan tetapi tidak terlalu signifikan.

5. Pada penelitian ini penambahan metode *array* antenna yang dirancang menghasilkan pola radiasi *unidirectional* pada arah elevasi maupun azimuth.
6. Pada penelitian ini desai terbaik adalah Antena MIMO 2x2 dengan 4 patch dan port yang disusun vertikal bekerja pada rentang frekuensi 2,383-2,484 GHz, memiliki *gain* 6,362 dB, dan *bandwidth* 101,5 MHz serta memiliki pola radiasi *unidirectional*

#### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna dapat mengembangkan penelitian ini agar lebih bagus lagi kedepannya adalah sebagai berikut.

1. Melakukan fabrikasi antenna yang telah disimulasikan, hal ini bertujuan mendapatkan nilai *real* agar dapat diimplementasikan pada sistem transmisi perangkat monitoring sungai citarum.
2. Melakukan percobaan dengan bentuk atau metode lain pada antenna guna mendapat referensi yang lebih baik lagi. Serta pemilihan frekuensi lain pada ISM Band guna mendapatkan frekuensi yang ideal.

Melakukan penelitian tentang pemasangan Antena MIMO pada BTS di bantaran sungai dan faktor-faktor yang mempengaruhi performansi dari antenna tersebut

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] P. D. Istianti, N. Bogi, I. A. Nur. "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI DEVICE TENTANG TEKNOLOGI AKSES LPWAN LORA UNTUK MONITORING AIR SUNGAI CITARUM DEVICE DESIGN AND IMPLEMENTATION ABOUT LPWAN LORA ACCESS TECHNOLOGY FOR CITARUM RIVER WATER MONITORING.". *Univerisitas Telkom*. pp. 1-8. 2019
- [2] R. P. Pratama, A. Rusdinar, P. D. Wibawa. "SISTEM KENDALI PERGERAKKAN ROBOT APUNG UNTUK MEMANTAU KADAR Abstrak.". *Univerisitas Telkom*. pp. 1-8. 2019
- [3] V. N. Khasanah, D. A. Nurmantris, Y. Wahyu. "Perancangan dan Realisasi Antena MIMO 4x4 untuk Aplikasi LTE menggunakan Teknik Interdigital Line". *Universitas Telkom*. 2016



- [4] A. Pratama, H. Wijayanto, Y. Wahyu. "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO 4X4 dengan Catuan EMC (ELECTROMAGNETICALLY COUPLED) Untuk Aplikasi LTE 2,3 GHz" *Universitas Telkom*. pp. 1–8. 2015
- [5] R. John, A. A. Muayyadi, Y. Wahyu. "Perancangan Dan Realisasi Antena MIMO Mimo Bowtie 4x4 Pada Frekuensi 1,8 Ghz Untuk Aplikasi Lte". *Universitas Telkom*. pp. 1-8. 2016
- [6] K. J. Andrian, L. O. Nur, and B. Syihabuddin. "Perancangan Dan Realisasi Antena Mimo 4 × 4 Array Rectangular Patch Dengan U-Slot Untuk Aplikasi 15 Ghz Design and Realization Mimo 4 × 4 Array Rectangular Patch Antenna With U-Slot for 15 Ghz Application." *Universitas Telkom*. pp. 1-8. 2017
- [7] Afdhal and Elizar. "IEEE 802.11ac sebagai Standar Pertama untuk Gigabit Wireless LAN," *J. Rekayasa Elektro.*, vol. 11, no. 1, pp. 36–44, 2014.
- [8] R. A. R. Herlastyanto, R. Anwar, D. A. Nurmantris. "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Untuk Aplikasi Monitoring Intensitas Cahaya Matahari Berbasis Callisto". *Universitas Telkom*. pp. 1–8. 2020
- [9] I. M. . Budi, E. S. Nugraha, and A. Agung, "Perancangan Dan Analisis Antena Mikrostrip Mimo Circular Pada Frekuensi 2.35 GHz Untuk Aplikasi LTE," *J. Infotel*, vol. 9, no. 1, p. 136, 2017.
- [10] Balanis, Constantine A. "Antenna Theory Third Edition Analysis and Design." John Wiley & Sons Inc, p. 25-79, 2005.
- [11] S. Wyne, A. F. Molisch, P. Almers, G. Eriksson, J. Karedal, and F. Tufvesson. "Outdoor-to-indoor office MIMO measurements and analysis at 5.2 GHz". *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 57, no. 3, pp. 1374–1386, 2008.
- [12] I. Hajar, "DESAIN ANTENA MIKROSTRIP PATCH ARRAY 28 GHz DENGAN CST MICROWAVE STUDIO," *Universitas Islam Indonesia*. pp.1-8. 2018.
- [13] F. W. Ardianto, N. Mufti, B. Syihabuddin. "Analisis Simulasi Antena MIMO 4x4 Susunan Persegi dan Sirkular pada Frekuensi 15 GHz," *JNETI*, Vol. 7, No. 2, pp. 174-182. 2018
- [14] D. Primasari, R. Amanati, and M. Rijal, "Analisis Antena Mikrostrip Array Bentuk Lingkaran Dan Persegi Panjang Menggunakan Simulasi Untuk Aplikasi LTE Frekuensi 2.3 Ghz," *J. Online Mhs. Fak. Tek. Univ. Riau*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2015.
- [15] E. L. Wijaya, A. A. Pramudita, and T. Yunita, "Pengaturan Polarisasi Elemen Patch Sirkular Pada Sistem Antena Mimo Susunan Bidang Untuk Komunikasi 5G". *Universitas Telkom*. pp. 1–8, 2020.

