

## SISTEM ANTENA PEMANCAR MIMO 2X2 DENGAN 4 ELEMEN ARRAY UNTUK SISTEM PEMANTAU SUNGAI CITARUM PADA ISM BAND 2,4-2,5 GHz

### *2X2 MIMO Transmitter Antenna System with 4 Array Elements for Citarum River Monitoring System on ISM Band 2,4-2,5 GHz*

Valtino Aikananto<sup>1</sup>, Rina Pudji Astuti<sup>2</sup>, Edwar<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[Valtinoaikananto@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:Valtinoaikananto@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id](mailto:rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[edwarm@telkomuniversity.ac.id](mailto:edwarm@telkomuniversity.ac.id)

---

#### Abstrak

Saat ini perkembangan teknologi mengalami kemajuan yang semakin cepat. Banyak bidang yang mengalami modernisasi guna menunjang pesatnya perkembangan zaman. Terutama di bidang Telekomunikasi, bidang ini merambah tidak hanya sebatas dalam perkembangan teknologinya secara harfiah. Namun, juga berkembang pada pemanfaatannya terhadap bentuk bidang industri maupun non-industri lainnya. Salah satunya pemanfaatan bidang Telekomunikasi pada bidang kebersihan. Pada tugas akhir ini akan membahas pemanfaatan bidang Telekomunikasi pada bidang Kebersihan lingkungan. Dimana pemanfaatannya berbentuk sebuah Antena yang akan mentransmisikan hasil pengamatan pada sebuah lingkungan pada Sungai Citarum. Antena pada tugas akhir ini akan menggunakan teknologi MIMO 2x2 sebagai penunjang utama pengiriman informasi. Antena MIMO 2x2 dengan 4 elemen array yang telah dirancang akan bekerja pada frekuensi 2,4 – 2,5 GHz dimana setiap elemennya mempunyai bentuk patch rectangular yang berjumlah 4 elemen array untuk masing – masing portnya. Antena yang telah dirancang mempunyai spesifikasi sebagai berikut, S parameter S11 -31,822262 dB, S22 -32,808235 dB, S33 -32,664152 dB, dan S44 -31,762546 dB pada masing – masing port, S11 1,0526256, S22 1,046178, S33 1,047761, dan S44 1,052456 pada masing – masing port 23 121 MHz, Gain 7,348 dB, pola radiasi directional, dan polarisasi linier.

Kata kunci : Antena, MIMO, Bandwidth, Sungai.

---

#### Abstract

Currently, technological developments are progressing rapidly. Many fields have undergone modernization in order to support the rapid development of the times. Especially in the telecommunications sector, this field is not only limited to literal technological developments. However, it also develops in its users in other industrial and non-industrial sectors. One of them is the use of the telecommunications sector in the field of cleanliness. In this final project will discuss the use of telecommunications in the field of environmental cleanliness. Where the utilization is in the form of an antenna that will transmit the observations to an environment on the Citarum River. The antenna in this final project will use MIMO 2x2 technology as the main support for sending information. The 2x2 MIMO antenna with 4 array elements that has been designed will work at a frequency of 2.4 - 2.5 GHz where each element has a rectangular patch form, which consists of 4 array elements for each port. The antenna that has been designed has the following specifications, S parameter S11 -31.822262 dB, S22 -32.808235 dB, S33 -32.664152 dB, and S44 -31.762546 dB on each port, S11 1.0526256, S22 1.046178, S33 1.047761, and S44 1.052456 on each port Bandwidth 121 MHz, Gain 7.348 dB, directional radiation pattern, and linear polarization.

Keywords: Antenna, MIMO, Bandwidth, River.

---

#### 1. Pendahuluan

Pada era digital seperti saat ini, perkembangan teknologi meningkat dengan semakin pesat. Tak terkecuali kemajuan pada bidang teknologi telekomunikasi, khususnya komunikasi nirkabel (wireless). Saat ini sangat umum masyarakat menjumpai berbagai teknologi yang telah menggunakan teknologi wireless. Dengan perkembangan yang pesat menjadikan teknologi ini mempermudah berbagai aspek dalam kehidupan modern

saat ini. Salah satu jenis teknologi wireless yang umum dijumpai yaitu dalam bentuk antena. Baik yang memiliki ukuran mini sampai yang besar. Namun, diantara banyak jenis Antena, antena yang umum dijumpai saat ini ialah antena yang mempunyai bentuk mikrostrip.

Antena microstrip sendiri mempunyai banyak metode dalam proses perancangannya. Salah satunya adalah metode perancangan Multiple Input Multiple Output (MIMO). Antena microstrip dengan metode ini mempunyai keunggulan pada peningkatkan kapasitas dan throughput, meningkatkan data rate, serta mampu mengurangi kerugian akibat multipath fading, dan juga memiliki frekuensi kerja yang variatif sehingga memudahkan pengaplikasian dalam berbagai rentang frekuensi yang tersedia.

Dalam tugas akhir ini penulis akan mengaplikasikan teknologi wireless berupa antena microstrip dengan menggunakan metode MIMO dalam proyek "Citarum Harum". Yaitu proyek yang dicanangkan Pemerintah Provinsi Jawa Barat pada tahun 2017 yang lalu. Dimana proyek tersebut kini telah selesai dikerjakan pada sebagian besar aliran Sungai Citarum. Namun, setelah menyelesaikan proyek tersebut masih kurang adanya tindakan kontroling yang dilakukan secara efisien oleh pemerintah. Hal tersebut menyebabkan pada beberapa sektor sungai, terutama pada sektor yang jarang terjangkau oleh pemerintah masih banyak ditemukan masalah-masalah lama, seperti penumpukan sampah yang menyebabkan pendangkalan aliran sungai [1]. Sehingga pada Tugas Akhir ini penulis menawarkan opsi berupa sistem kontroling yang bisa terus menyajikan monitoring secara berkala (real-time). Nantinya data kontroling yang di dapatkan bisa menjangkau daerah – daerah yang sukar dijangkau serta akan menyajikan data yang lebih lengkap. Penulis mengusulkan sistem monitoring menggunakan teknologi Antena Mikrostrip dengan metode MIMO untuk diterapkan pada sistem tersebut.

Penelitian ini akan menggunakan referensi penelitian dari "Massive Connectivity with Massive MIMO–Part I: Device Activity Detection and Channel Estimation," [2], dimana akan dibuat Massive MIMO yang akan di array. Hal tersebut bertujuan guna meningkatkan efektivitas, efisiensi dan Gain dari Antena yang akan dibuat nantinya.

Pada realisasinya nanti akan dirancang antena microstrip dengan metode MIMO 2x2 untuk kebutuhan monitoring keadaan dan kondisi dari Sungai Citarum yang nantinya bisa dilakukan secara real-time. Nantinya Antena MIMO akan dibuat untuk beroperasi pada rentang frekuensi 2,4-2,5 GHz. Antena tersebut nantinya berguna untuk menerima sinyal informasi dari sensor-sensor yang tersebar di sepanjang aliran sungai. Pemilihan frekuensi 2,4-2,5 GHz disamping karena frekuensi tersebut masuk dalam salah satu frekuensi ISM band juga karena untuk meminimalkan ukuran antena MIMO yang akan di buat.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Alokasi Frekuensi

Frekuensi 2.4 – 2.5 GHz dikategorikan sebagai frekuensi ISM (Instrumentation Science and Medical) merupakan alokasi frekuensi unlicensed yang berarti bisa digunakan dengan gratis. Seringkali frekuensi pada band ini digunakan untuk pengaplikasian layanan Internet of Things (IoT).

Selain frekuensi 2,4 – 2,5 GHz merupakan ISM yang dimana di Indonesia penggunaan frekuensi tersebut masih di legalkan untuk digunakan secara umum dan juga gratis. Namun, juga tidak memerlukan sistem daya yang besar sehingga bisa di terapkan pada daerah dan lokasi terpencil. Oleh karena itu, penulis mengusulkan penggunaan frekuensi tersebut untuk referensi pembuatan antena pada sistem pemantau di Sungai Citarum.

### 2.2 Antena dan Parameter Pengujian

Antena merupakan alat yang fungsinya mengubah arus listrik catuan menjadi gelombang elektromagnetik kemudian diradiasikan ke udara, dan dapat berperan sebaliknya sebagai penerima gelombang elektromagnetik untuk kemudian ditransformasikan ke arus listrik. Antena memiliki banyak jenis dan bentuk, seperti antena helix, antena YagiUda, antena horn, antena dipole hingga bentuk MIMO[5].

Frekuensi yang digunakan pada penelitian ini adalah 2,4- 2,5 GHz. Untuk perhitungan f dimensi antena terlebih dahulu ditetapkan nilai:

- a. Frekuensi tengah = 2,45 GHz
- b.  $\epsilon_r$  bahan FR4 (Efoxy) = 4,3
- c.  $\mu_r$  = mendekati 1 (Udara)
- d. tebal patch = 0,035 mm
- e. tebal substrat = 1,6 mm

Dalam penelitian ini, yang menjadi focus utama adalah ketika dilakukan pengujian antena yakni Gain, bandwidth, mutual coupling, pola radiasi, polarisasi dan VSWR (Voltage Standing Wave Ratio).

### 2.3 MIMO (Multiple Input Multiple Output)

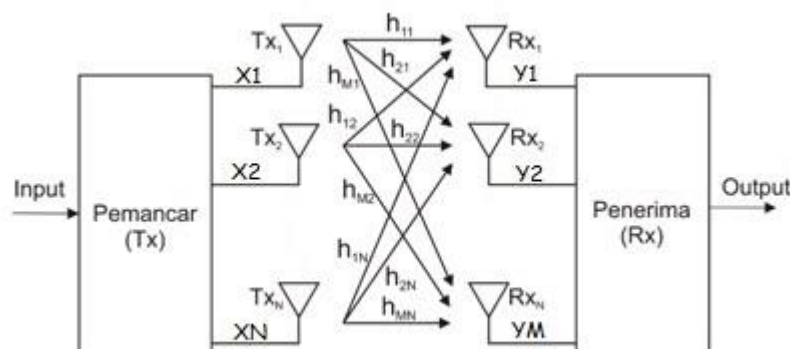
Dalam gelombang radio MIMO merupakan metode untuk melipatgandakan kapasitas dengan menggunakan banyak antena untuk mengirimkan dan menerima data. MIMO menjadi hal yang sangat penting dalam komunikasi wireless. MIMO juga biasanya digunakan untuk memberikan gain dan multiplexing yang lebih baik. Kapasitas saluran yang lebih besar bisa didapatkan melalui spatial diversity dan spatial multiplexing. Sistem multi antena ini juga mampu menghindari multipath fading dan meningkatkan throughput data.

Gambar 2.7 Bentuk arsitektur antena MIMO

Gambar 2.3 menjelaskan sistem MIMO antara antena pengirim dan penerima mempunyai banyak saluran. Antena pengirim akan mengirimkan sinyal kepada antena penerima setelah dikalikan oleh dengan matriks kanal ( $N_T \times N_R$ ). Persamaan yang digunakan pada sistem MIMO dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$y(t) = H(t) \times s(t) \times n(t) \quad (2.1)$$

$y(t)$  sebagai transmitter,  $s(t)$  sebagai receiver,  $n(t)$  menyatakan noise sinyal dan \* adalah notasi untuk



**Gambar 2.1** Struktur Antena MIMO

konvolusi. Untuk menghitung  $H(t)$ ,  $s(t)$ , dan  $n(t)$  menggunakan suatu matriks dengan menggabungkan ke dalam suatu persamaan [6]:

$$H(t) = \begin{pmatrix} h_{11}(t, \varphi) & \dots & h_{1N_t}(t, \varphi) \\ \vdots & \dots & \vdots \\ h_{M_r N_t}(t, \varphi) & \dots & h_{M_r N_t}(t, \varphi) \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Beberapa kelebihan yang diberikan antena jenis MIMO [7]:

1. Throughput pada uplink dan downlink yang lebih tinggi
2. Mempunyai coverage sel yang luas sehingga membantu dalam suatu mobile communication
3. Mempunyai efek fading yang lebih minimal
4. Menawarkan Quality of Service (QoS) dengan peningkatan efisiensi spektral dan kecepatan data.

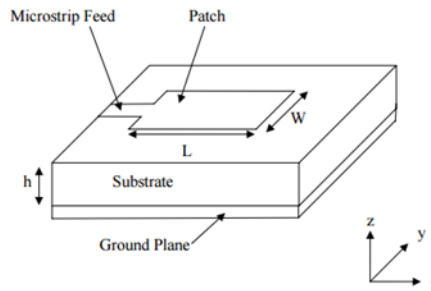
Dalam merancang suatu antena dengan sistem MIMO, perlu diperhatikan korelasi salurannya karena korelasi tersebut umumnya dapat mempengaruhi kapasitas kanal. Korelasi saluran terkait dengan propagasi dan mutual coupling diantara elemen-elemen antena yang ada [8].

### 2.4 Antena Mikrostrip

Antena adalah alat untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik, bergantung kepada pemakaian dan penggunaan frekuensinya, antena berwujud berbagai bentuk, mulai dari seutas kabel, dipole, yagi, ataupun antena berbentuk mikro.

Antena merupakan salah satu komponen atau elemen terpenting dalam suatu rangkaian dan perangkat Elektronika yang berkaitan dengan Frekuensi Radio ataupun gelombang Elektromagnetik. Perangkat Elektronika tersebut diantaranya adalah Perangkat Komunikasi yang sifatnya tanpa kabel atau wireless seperti Radio, Televisi, Radar, Ponsel, Wi-Fi, GPS dan juga Bluetooth. Antena diperlukan baik bagi perangkat yang menerima sinyal maupun perangkat yang memancarkan sinyal. Dalam bahasa Inggris, Antena disebut juga dengan Aerial. Berikut beberapa parameter yang diukur pada Antena.

Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang mempunyai dimensi yang minimalis. Sehingga sangat memudahkan dalam proses pembuatan serta pengaplikasiannya. Selain itu mempunyai kegunaan dalam banyak bidang komunikasi satelit, komunikasi radar, militer, dan aplikasi bergerak.

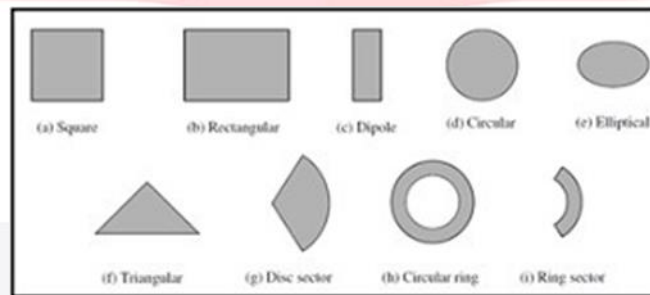


**Gambar 2.2** Antena Mikrostrip Rectangular Patch

Keterangan :

- W : lebar  
L : panjang  
h : tebal substrat

Bentuk patch antenna MIMO juga bermacam-macam sesuai dengan penelitian, contoh pada gambar 2.4 adalah jenis-jenis patch pada antenna MIMO[7].



**Gambar 2.3** Jenis patch antenna

## 2.5 Array

Antena Array merupakan salah satu jenis pengembangan dari Antena Mikrostrip. Yaitu dengan cara mengelompokkan beberapa patch menjadi satu dalam satu Antena. Umumnya antena elemen tunggal memiliki pola radiasi yang sangat lebar, setiap elemen tersebut menghasilkan keterarahan dan perolehan (gain) yang rendah. Pada banyak aplikasi diperlukan antena dengan keterarahan yang baik dan perolehan (gain) yang tinggi. Contoh aplikasi yang membutuhkan karakteristik tersebut, antara lain radar, penginderaan jauh, komunikasi satelit, dan banyak lagi. Kebutuhan karakteristik ini dapat dipenuhi dengan menyusun antena dengan beberapa konfigurasi. Antena susunan ini sering disebut dengan antena array [12].

Antena array merupakan susunan dari dua atau antena yang mempunyai karakteristik indentik. Dimana nantinya sinyal dari antena – antena tersebut akan disatukan guna meningkatkan performansi dari antena tersebut. Tujuan utama menjadikan antena dengan bentuk array adalah untuk meningkatkan nilai gain, disamping itu hal tersebut dilakukan untuk meningkatkan directivity antena, mengarahkan daya pancar menuju sektor sudut yang diinginkan, menentukan arah kedatangan sinyal, dan memaksimalkan SNR (Signal to Interference Plus Noise Ratio)[12].

Persamaan rumus yang bisa digunakan untuk merancang antena array adalah [11]:

- a. Jarak antara elemen patch

$$d = \frac{\lambda}{2}$$

(2.2)

- b. Menghitung array factor

$$AF = 2 \cos \left[ \frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right]$$

(2.3)

- c. Array Factor untuk N-elemen ternormalisasi

$$AF_n = \frac{1}{N} \left( \frac{\sin\left(\frac{N\Psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\Psi}{2}\right)} \right)$$

(2.4)

Keterangan:

N = jumlah elemen antena

 $\Psi = k.d. \cos \theta + \beta.$ 

### 3. MODEL SISTEM DAN PERANCANGAN

#### 3.1 Desain Sistem

Sistem perancangan pada penelitian ini antena MIMO Array 2x2 (empat elemen) dengan bentuk patch rectangular tujuannya adalah untuk memenuhi spesifikasi dari antena yang sudah disesuaikan dengan tujuan penelitian ini. Antena didesain untuk kepentingan transfer data untuk penggerak sistem di canoe, khususnya di frekuensi 2,4 – 2,5 GHz. Dalam perancangannya, akan digunakan software perangkat lunak.

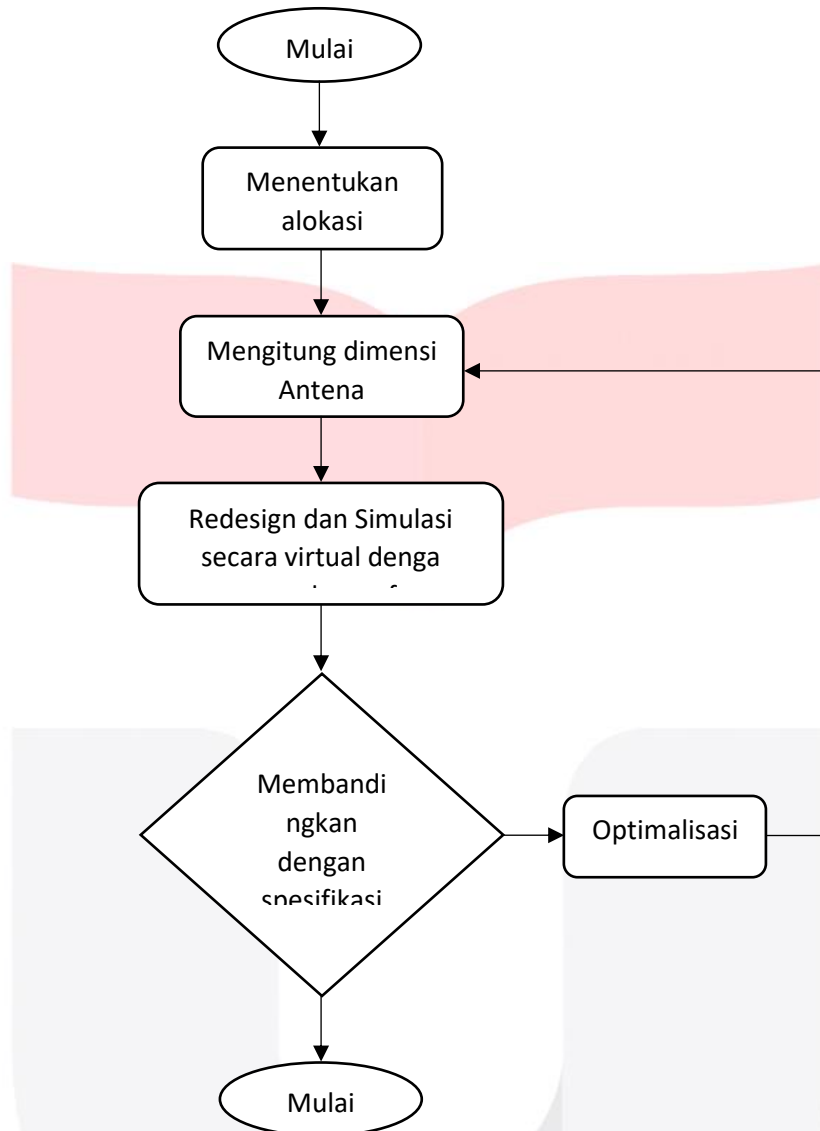
Parameter keberhasilan saat pengujian adalah frekuensi kerja dari antena, bandwidth, VSWR, gain, pola radiasi dan polarisasi.

Tahapan pertama pada penelitian ini yaitu menentukan spesifikasi dan bentuk dari antena yang akan dirancang. Kemudian melakukan perhitungan dengan persamaan yang didapatkan dari berbagai referensi untuk kemudian didesain pada software yang digunakan. Setelah perhitungan dilakukan didesain pada software yang digunakan dan apabila belum memenuhi keinginan dapat dilakukan optimasi.

Pada penelitian ini antena MIMO yang dirancang akan dipasang disekitar Sungai Citarum sesuai dengan gambar 3.1 dengan pola radiasi dari antena di BTS yang diinginkan yaitu unidireksional mengarah ke sungai. Dan dengan kebutuhan bandwidth menyesuaikan dengan frekuensi kerja yang akan digunakan yaitu selisih antara frekuensi kerja tinggi 2,5 GHz dengan frekuensi kerja rendah 2,4 GHz.

**3.1.1. Diagram Blok**

perancangan ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.2** Blok Diagram

**3.2 Spesifikasi Antena**

**Tabel 3.1** Tabel Spesifikasi Antena

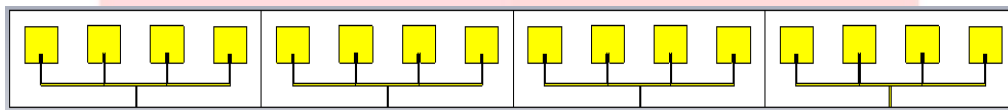
Frekuensi Kerja	2.4 – 2.5 GHz
Bandwidth	>100 MHz
Gain	4 - 8 dBi
Polarisasi	Linier
Pola Radiasi	Unidireksional
VSWR	<2
Impedansi	50 Ohm

### 3.3 Bahan Antena

Hal yang di pertimbangkan dalam proses perancangan Antena adalah pemilihan bahan – bahan yang nantinya akan digunakan. Pemilihan Substrat serta konstanta dielektrik yang nantinya akan mempengaruhi efisiensi. Oleh sebab itu pada perancangan tugas akhir ini penulis memilih bahan untuk spesifikasi antena dengan sebagai berikut. Substrat menggunakan bahan FR-4 dengan konstanta dielektrik sebesar 4.3 yang memiliki tebal 1.6 mm. Untuk Groundplane dan elemen peradiasi digunakan bahan cooper dengan ketebalan masing – masing  $\mu\text{m}$ .

### 3.4 Gambaran Perancangan Antena

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, antena yang akan dirancang adalah antena MIMO 2x2 dari antena MIMO dengan patch persegi panjang. Antena array kemudian disusun dan digandakan sebanyak 4 elemen untuk membentuk sistem MIMO. Antena disusun seperti pada Gambar 3.4 dengan tujuan mengurangi mutual coupling antar antena. Dengan susunan demikian, masing- masing port antena memiliki jarak yang cukup jauh antar satu sama lain sehingga tidak mengganggu radiasi antena lain. Dan disusun memanjang bertujuan untuk meningkatkan gain.



Gambar 3.3 Rancangan Antena

### 3.5 Perhitungan Dimensi Antena

Langkah awal dalam perancangan antena adalah perhitungan dimensi peradiasi antena atau yang biasa kita sebut dengan Patch. Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus yang terdapat di bab 2, didapatkan nilai-nilai dimensi antena seperti pada Tabel 3.2, yang akan digunakan dalam mendesain antena MIMO rectangular patch. Hasil perhitungan pada tabel tersebut akan digunakan menjadi acuan dalam mendesain antena, dengan menggunakan software simulasi perancangan antena. Berdasarkan perhitungan dibawah ini :

Menghitung Lebar Patch Antena

$$W_p = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$$

$$W_p = \frac{3 \times 10^8}{2(2,45 \times 10^9) \sqrt{\frac{4,4 + 1}{2}}}$$

$$= 0,03726 \text{ m}$$

$$= 37,26 \text{ mm}$$

Menghitung panjang patch

Sebelum menghitung panjang patch ( $L_p$ ), harus dihitung pertambahan panjang dari patch akibat adanya fringing effect ( $\Delta L$ ) terlebih dahulu.

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}}$$

$$L_{eff} = \frac{3 \times 10^8}{2(2,45 \times 10^9) \sqrt{4,081}}$$

$$= 0,0303 \text{ m}$$

$$= 30,3 \text{ mm}$$

Substitusikan dengan tinggi substrat (h)

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W_p} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{1,6}{37,26} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$= 4,081$$

$$\Delta L = 0,412 \times h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left( \frac{W_p}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} + 0,258) \left( \frac{W_p}{h} + 0,8 \right)}$$

$$\Delta L = 0,412 \times 1,6 \frac{(4,081 + 0,3) \left( \frac{37,26}{1,6} + 0,264 \right)}{(4,081 + 0,258) \left( \frac{37,26}{1,6} + 0,8 \right)}$$

$$= 0,6507 \text{ mm}$$

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L$$

$$L_p = 30,3 - 2 \times 0,6507$$

$$L_p = 28,9986 \text{ mm}$$

Lebar FeedLine Impedansi 50  $\Omega$

$$W_m = \frac{2h}{\pi} (B - 1 - \ln(2B - 1)) + \frac{\epsilon_r + 1}{2\epsilon_r} \left( \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right)$$

$$W_m = \frac{2 \times 1,6}{\pi} (5,6 - 1 - \ln(2 \times 5,6 - 1)) + \frac{4,4 + 1}{2 \times 4,4} \left( \ln(5,6 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right)$$

$$W_m = 3,081 \text{ mm}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{50\sqrt{4,4}}$$

$$B = 5,6$$

Selanjutnya akan dihitung  $\lambda_g$ , yaitu panjang gelombang di dalam medium dielektrik

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\epsilon_{reff}}$$

$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_{reff}}}$$

$$\lambda_g = \frac{3 \times 10^8}{2,45 \times 10^9 \sqrt{4,081}}$$

$$\lambda_g = \frac{122,4}{2,02}$$

$$\lambda_g = 60,594 \text{ mm}$$

Panjang microstrip line dihitung menggunakan transformator  $\lambda_g/4$

$$L_m = \frac{\lambda_g}{4}$$

$$L_m = \frac{60,594}{4}$$

$$L_m = \frac{60,594}{4}$$

$$L_m = 15,1485 \text{ mm}$$

Jarak Antar patch

$$\text{Jarak Antar patch} = \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Jarak Antar patch} = \frac{122,4}{2}$$

$$\text{Jarak Antar patch} = 61,22 \text{ mm}$$



$$= \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{2,45 \times 10^9}$$

$$\lambda = 0,1224 \text{ m}$$

$$\lambda = 122,4 \text{ mm}$$

Panjang dan Lebar Groundpalne Antena

Dengan menggunakan persamaan  $A_g = 6_t + A$  dimana adalah nilai untuk panjang atau lebar patch antena. Dan di dapat hasil seperti dibawah ini

Panjang Groundpalne:

$$L_g = 6 \times 1,67 + 28,9986$$

$$L_g = 39,0186$$

Lebar Groundplane

$$W_g = 6 \times 1,67 + 37,26$$

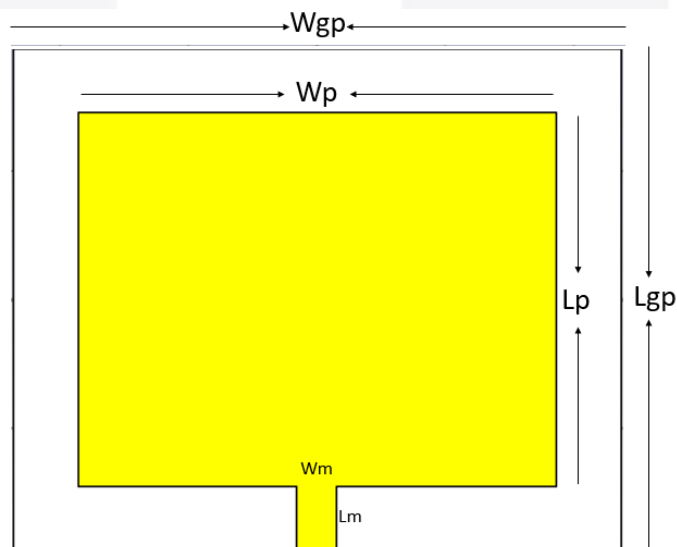
$$L_g = 47,28$$

### 3.6 Perancangan Antena Berdasarkan Perhitungan

#### 3.6.1 Desain Antena Single Elemen dan Tebel Dimensi antena

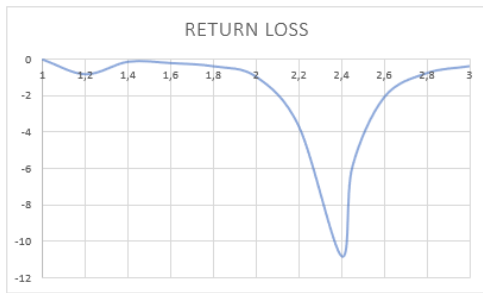
**Tabel 3.2** Nilai Parameter Antena yang Telah Dihitung

Parameter	Nilai (dalam mm)	Keterangan
Wp	37,26	Lebar Patch
Lp	28,9986	Panjang Patch
Wgp	47,28	Lebar Substrat dan Groundplane
Lgp	39,0186	Panjang Substrat dan Groundplane
Wm	3,081	Lebar Feedline
Lm	15.514	Panjang Feedline



**Gambar 3.4** Desain Antena Berdasarkan Perhitungan

### 3.6.2 Hasil Running Simulasi Antena



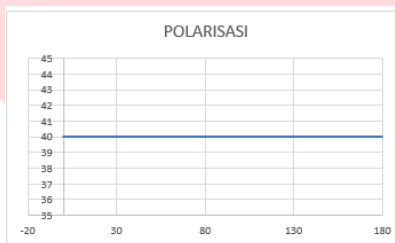
Gambar a. Nilai Return loss



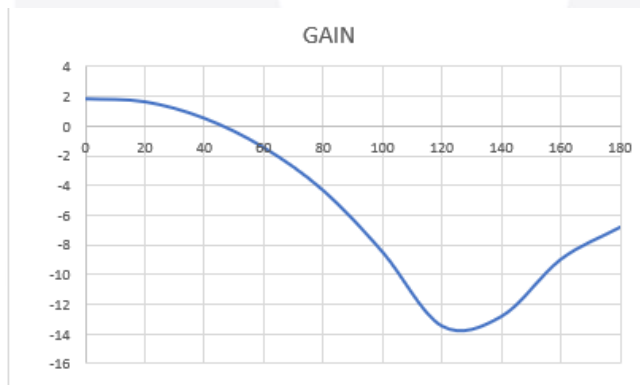
Gambar b. Nilai VSWR



Gambar c. Nilai Impedansi



Gambar d. Bentuk Polarisasi dan polaradiasi



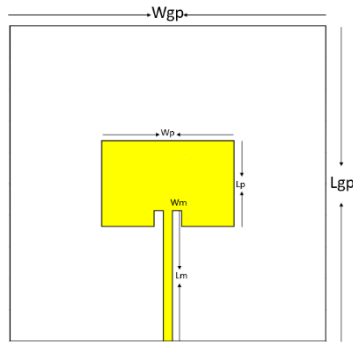
Gambar e. Nilai VSWR

### 3.7 Perancangan Antena Setelah Optimasi

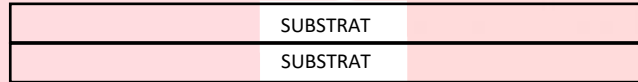
#### 3.7.1 Desain Antena Setelah Optimasi dan Tebel Dimensi antena

Tabel 3.2 Nilai Parameter Antena yang Telah Dioptimasi

Parameter	Nilai (dalam mm)	Keterangan
Wp	42	Lebar Patch
Lp	27,26	Panjang Patch
Wgp	100	Lebar Substrat dan Groundplane
Lgp	100	Panjang Substrat dan Groundplane
Wm	2,92	Lebar Feedline
Lm	40	Panjang Feedline

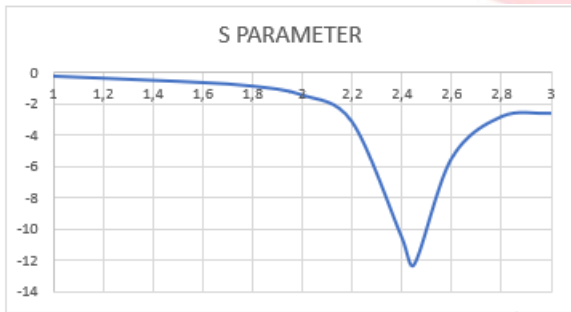


Gambar 3.3 Desain Antena Setelah Optimasi



Gambar 3.4 Desain Antena Dengan Double Layer Substrat

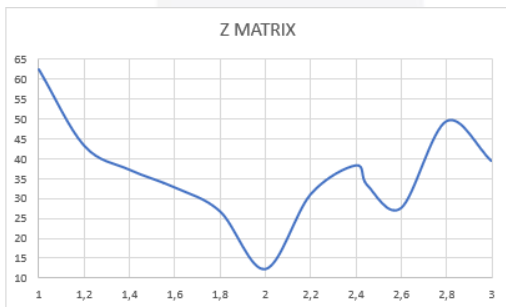
3.7.2 Hasil Running Simulasi Antena



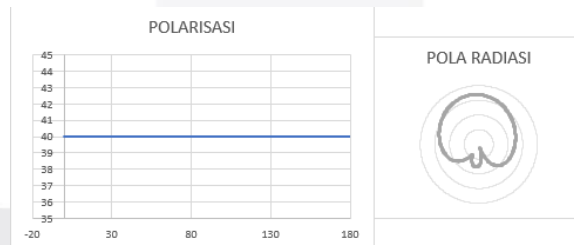
Gambar a. Nilai Return loss



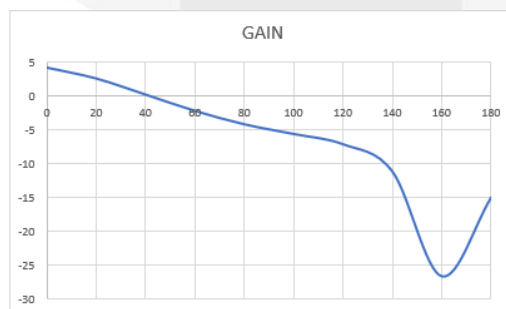
Gambar b. Nilai VSWR



Gambar c. Nilai Impedansi



Gambar d. Bentuk Polarisasi dan polaradiasi



Gambar e. Nilai VSWR

### 3.8 Perancangan Antena Array 1x4

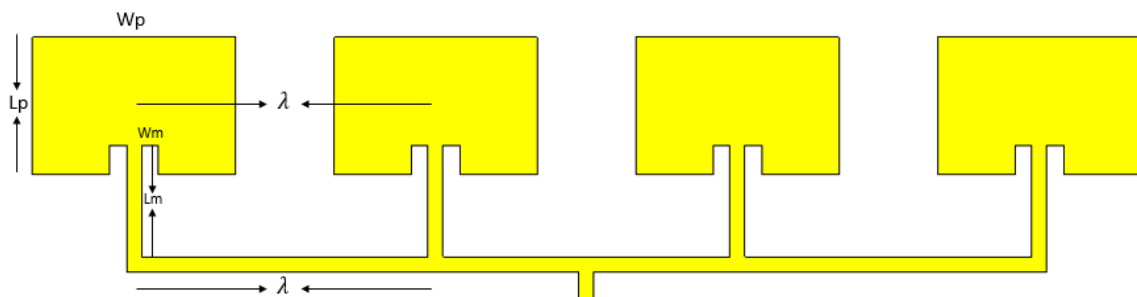
#### 3.8.1 Desain Antena Array 1x4 dan Tebel Dimensi antena

Sebelum dibuat desain Array 1x4, penulis telah membuat desain Antena Array 1x2 dan Antena Array 1x3. Desain dan Hasil Simulasinya dapat dilihat pada Lampiran. Berikut adalah design antena array 1x4 dengan patch rectangular, array ini dibuat untuk bertujuan meningkat nilai bandwidth [12].

**Tabel 3.4** Nilai Parameter Antena Array 1x4

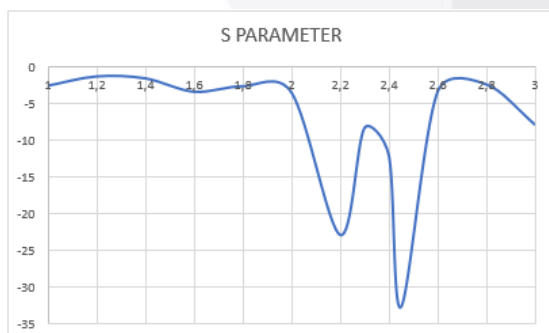
Parameter	Nilai (dalam mm)	Keterangan
$W_p$	42	Lebar Patch
$L_p$	28.355	Panjang Patch
$W_{gp}$	100	Lebar Substrat dan Groundplane
$L_{gp}$	100	Panjang Substrat dan Groundplane
$W_m$	3,1	Lebar Feedline
$L_m$	20	Panjang Feedline
$W_s$	3	Lebar Slot
$L_s$	6	Panjang Slot
$\lambda$	122.4	Jarak antar element

Berikut adalah gambar dari desain antena array 1x4 dimana dalam satu antena akan mempunyai 4 elemen patch.

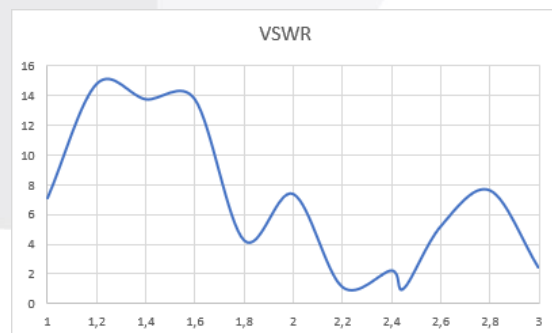


**Gambar 3.17** Desain Antena Array 1x4

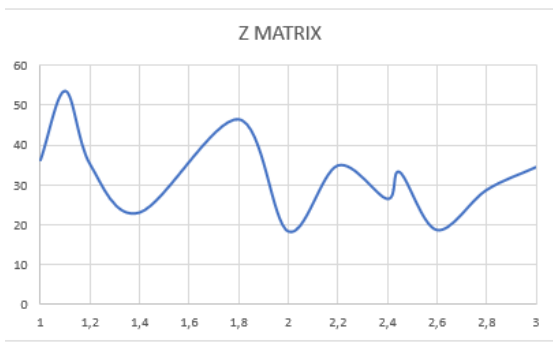
#### 3.8.2 Hasil Running Simulasi Antena



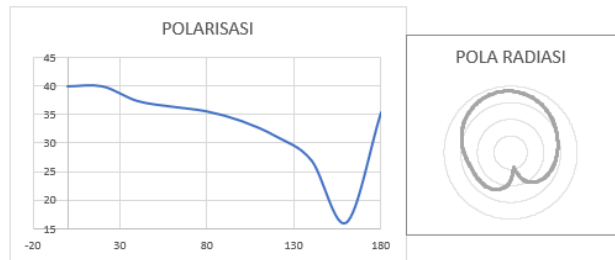
**Gambar a.** Nilai Return loss



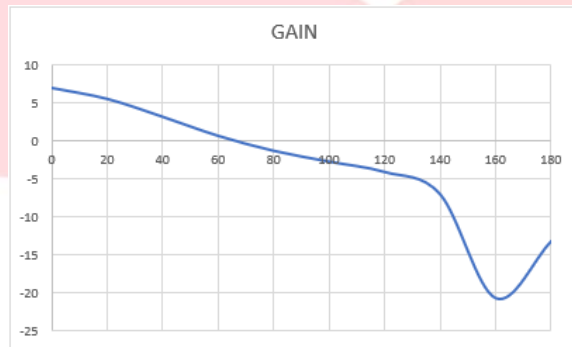
**Gambar b.** Nilai VSWR



Gambar c. Nilai Impedansi



Gambar d. Bentuk Polarisasi dan polaradiasi

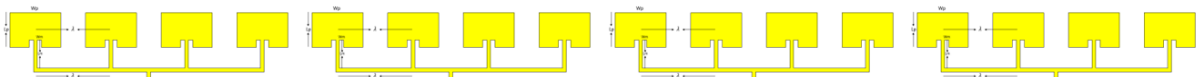


Gambar e. Nilai VSWR

### 3.9 Perancangan Antena MIMO 2x2 Array 1x4

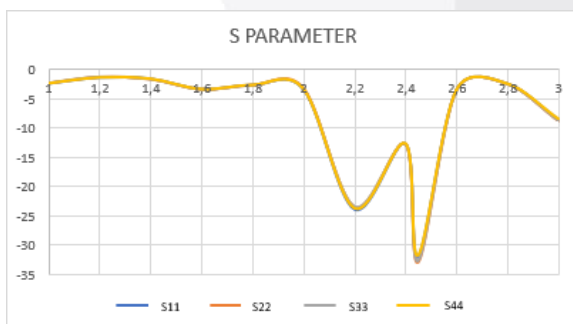
#### 3.9.1 Desain Antena MIMO 2x2 Array 1x4

Berikut adalah desain akhir pada Antena yang akan dibuat yakni antena MIMO dengan array 1x4. Dimana pada antena ini akan ada 4 output dan 4 input yang akan terjadi. Sehingga akan menambah efisiensi pada proses pengiriman data.

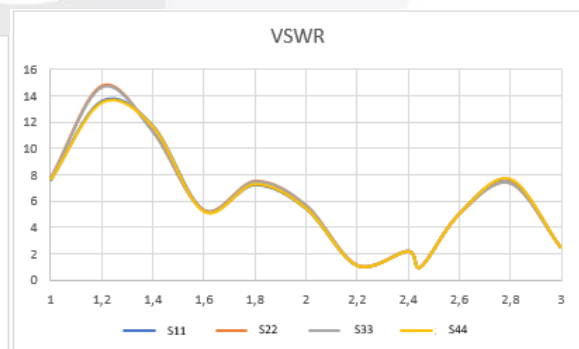


Gambar 3.23 Desain MIMO 2x2 Array 1x4

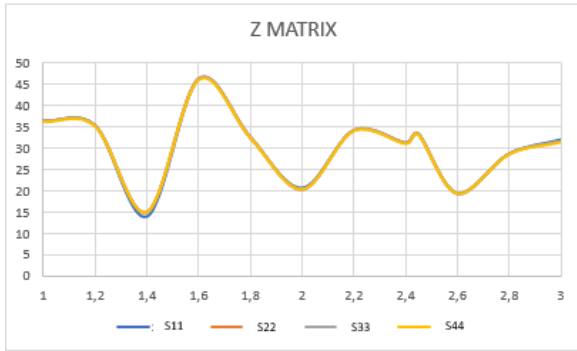
#### 3.9.2 Hasil Running Simulasi Antena



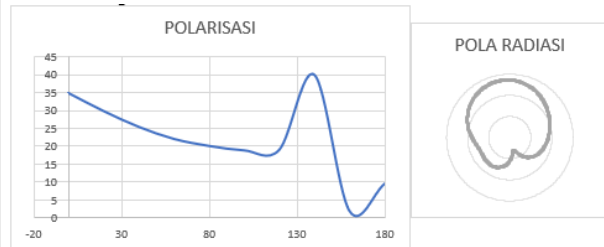
Gambar a. Nilai Return loss



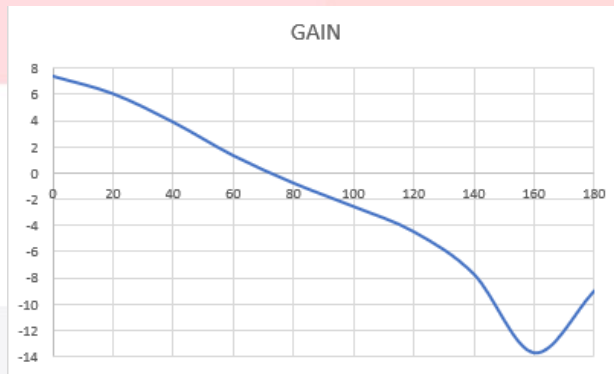
Gambar b. Nilai VSWR



Gambar c. Nilai Impedansi



Gambar d. Bentuk Polarisasi dan polaradiasi

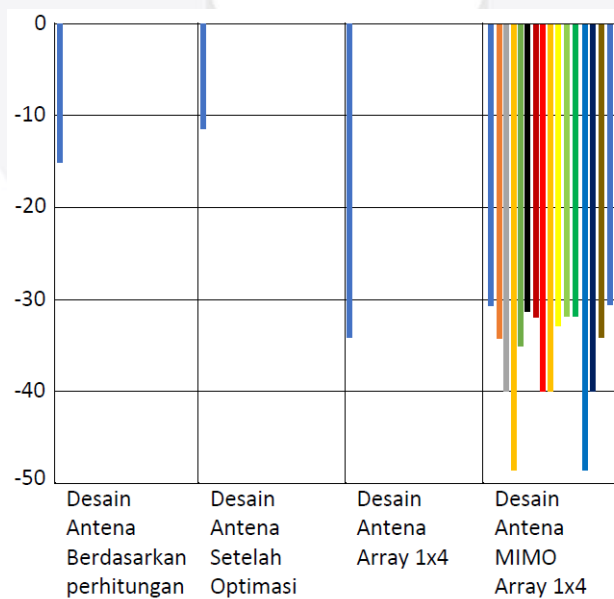


Gambar e. Nilai VSWR

#### 4. ANALISIS HASIL PERANCANGAN

##### 4.1. Perbandingan Nilai dari S Parameter

Pada Tabel 4.1 dapat terlihat jika Nilai dari S parameter semakin membaik ketika menggunakan desain Array.



Gambar 4.1 Perbandingan Nilai S Parameter

#### 4.2. Perbandingan Nilai Bandwidth

Nilai yang diinginkan adalah sebesar 100 MHz sebagai nilai minimalnya, dari spesifikasi tersebut dapat terlihat jika nilai bandwidth minimal yang diinginkan sudah sesuai pada semua desain yang dibuat. Nilai yang didapat juga semakin besar dengan semakin baiknya desain yang dibuat. Hal ini sudah bisa dikategorikan baik dengan nilai bandwidth sebesar itu. Memungkinkan proses pengiriman data yang semakin baik. Dapat terlihat juga dari tabel diatas lebar bandwidth di pengaruhi oleh jumlah array Antena.

**Tabel 4.1** Nilai Bandwidth tiap Desain Antena

Desain Antena	Nilai Bandwidth (MHz)
Antena Berdasarkan Perhitungan	101
Antena Setelah Optimasi	112
Antena Array 1x4	120
Antena MIMO Array 1x4	121

#### 4.3. Perbandingan Nilai VSWR

Pada tabel diatas dapat terlihat nilai VSWR pada masing – masing desain Antena. Pada desain Antena berdasarkan perhitungan nilai VSWR tidak terlalu baik dengan nilai  $> 2$ . Namun, Pada desain lainnya nilainya sudah baik dengan nilai yang antara 1 dan 2 pada frekuensi puncak yaitu pada 2,4 GHz.

**Tabel 4.2** Nilai VSWR tiap Desain Antena

Desain Antena	Nilai VSWR
Antena Berdasarkan Perhitungan	2,7977344
Antena Setelah Optimasi	1,6413018
Antena Array 1x4	1,0474668
Antena MIMO Array 1x4	1,0526589

#### 4.4. Perbandingan Nilai Impedansi

Pada data diatas dapat terlihat nilai Impedansi pada masing – masing desain antena. Nilai dari semua desain sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu nilai 50 ohm dengan toleransi sebesar 5 ohm. Dari semua desain nilai Impedansi optimum terdapat pada desain Antena MIMO Array 1x4.

**Tabel 4.3** Nilai Impedansi tiap Desain Antena

Desain Antena	Nilai Impedansi (ohm)
Antena Berdasarkan Perhitungan	48,686674
Antena Setelah Optimasi	49,979183
Antena Array 1x4	48,237206
Antena MIMO Array 1x4	48,238206

#### 4.5. Perbandingan Pola Radiasi

Dari semua desain antena yang dibuat, tiap – tiap antena mempunyai pola radiasi yang sama yaitu pola radiasi Unidirektional. Yaitu dimana arah lobe hanya terarah pada satu arah. Sehingga nantinya akan mudah disesuaikan pada penerapannya untuk pemancar pada sistem monitoring Sungai Citarum. Karena output antena yang diinginkan ingin terpusat pada satu arah sehingga frekuensi yang dipancarkan akan terfokuskan.

**Tabel 4.4** Bentuk Pola Radiasi tiap Desain Antena

Desain Antena	Pola Radiasi
Antena Berdasarkan Perhitungan	Unidireksional
Antena Setelah Optimasi	Unidireksional
Antena Array 1x4	Unidireksional
Antena MIMO Array 1x4	Unidireksional

#### 4.6. Perbandingan Polarisasi

Antena berpolarisasi linier jika axial ratio  $\geq 40$  dB, sedangkan dikatakan berpolarisasi sirkular jika axial ratio  $\leq 3$  dB. Dan dari simulasi semua polarisasi sudah memenuhi spesifikasi yang ada.

**Tabel 4.5** Bentuk Polarisasi tiap Desain Antena

Desain Antena	Polarisasi
Antena Berdasarkan Perhitungan	Linier
Antena Setelah Optimasi	Linier
Antena Array 1x4	Linier
Antena MIMO Array 1x4	Linier

#### 4.7. Perbandingan Gain

Pada tabel di atas terjadi kenaikan gain ketika desain antena di rancang dengan desain array, karena dengan desain array bisa mengoptimalkan peningkatan nilai gain [11]. Desain antena single patch yang telah di optimasi mendapat nilai gain sebesar 4,041 dB. Setelah dilakukan Array pada desain antena tersebut dengan jumlah array 1x4 terlihat peningkatan gain yang cukup signifikan yaitu ke nilai sebesar 7,073 dB. Hal itu juga terjadi pada nilai gain desain antena MIMO array 1x4 nilai gain ke nilai 7,348 dB.

**Tabel 4.6** Nilai Gain tiap Desain Antena

Desain Antena	Nilai Gain (dB)
Antena Berdasarkan Perhitungan	1,828
Antena Setelah Optimasi	4,041
Antena Array 1x4	7,073
Antena MIMO Array 1x4	7,348

#### 4.8. Pembahasan

Penelitian ini berfokus pada mendesain antena yang akan digunakan pada sistem pemancar pada Sungai Citarum. Dimana parameter – parameter yang diamati yaitu nilai dari s parameter, VSWR, bandwidth, impedansi, pola radiasi, polarisasi dan gain. Dari semua desain awal hingga desain terakhir yang menggunakan Sistem MIMO guna mendapatkan hasil yang optimal.

Dari desain sesuai perhitungan hingga desain MIMO, semua disimulasikan oleh penulis gunakan melihat dan mempertimbangkan desain antena mana yang mempunyai hasil yang sesuai dengan parameter yang sesuai untuk penerapannya untuk sistem pemancar pada sungai citarum.

Pada desain antena yang sesuai dengan perhitungan didapatkan hasil yang kurang optimal di mana frekuensi puncak pada s parameter belum berada pada frekuensi puncak yang seharusnya yaitu 2,45 GHz. Nilai dari VSWR juga masih belum optimal dengan nilai yang di dapat masih bernilai  $> 2$ . Nilai gain yang didapatkan juga belum sesuai dengan nilai yang diharapkan yaitu 4 – 8 dB. Dengan nilai yang masih rendah yaitu 2.932 dB. Untuk Itu perlu dilakukan optimasi lagi pada desain antena ini.

Kemudian penulis melakukan optimasi dengan merubah desain yang semula single patch menjadi desain antena array. Selanjutnya pada desain yang telah dioptimasi dengan dilakukan penambahan substrat sehingga menyebabkan peningkatan nilai – nilai parameter yang ada. Mulai dari



adanya pelebaran nilai bandwidth, nilai VSWR yang membaik, dan juga nilai gain yang meningkat. Nilai yang menjadi perhatian penulis adalah nilai dari gain yaitu 4,305 dB. Hal tersebut membuat parameter antenna sudah bisa dikatakan baik. Sehingga proses selanjutnya dapat dilakukan yaitu pembuatan array antenna dengan nilai parameter yang sudah sangat baik.

Langkah pengerjaan selanjutnya adalah proses pembuatan antenna Array 1x4. Pembuatan Array pada antenna bertujuan untuk mengoptimalkan nilai gain. Setelah pada desain antenna single patch sebelumnya masih belum didapatkan nilai gain yang optimal. Setelah dilakukan Array didapatkan nilai gain yang lebih baik yaitu 7,073 dB. Diikuti juga dengan pelebaran nilai bandwidth yaitu ke nilai 120 MHz yang sebelumnya bernilai 112 MHz.

Pada perancangan Antena MIMO Array 2x2 didapatkan nilai parameter yang optimal jika dibandingkan dengan desain – desain antenna sebelumnya. Dimana nantinya perancangan desain ini pada realisasinya akan digunakan sebagai sistem pemancar guna untuk diterapkan pada monitoring sistem pemantai Sungai Citarum. Dengan semua parameter yang telah didapatkan seperti pola radiasi yang telah unidireksional sehingga akan lebih terarah dan berfokus pada daerah yang diinginkan. Dan dengan nilai gain yang sudah cukup baik yaitu 7,348 dB.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang didapatkan dari tugas akhir ini :

1. Nilai S parameter yang didapatkan meningkat dengan penambahan metode array menambah nilai dari S parameter jadi lebih optimal
2. Pelebaran nilai bandwidth terjadi perubahan signifikan saat dilakukannya perancangan dengan double substrat layer
3. Baiknya nilai VSWR terjadi setelah dilakukannya penambahan desain menjadi Array Antena
4. Pada semua desain antenna didapatkan nilai impedansi yang baik, bahkan penambahan metode Array maupun MIMO tidak terlalu mempengaruhi nilai impedansi
5. Pola radiasi berbentuk unidireksional pada semua desain yang telah dirancang.
6. Polarisasi berbentuk linier pada semua desain yang telah dirancang.
7. Nilai gain mengalami peningkatan setelah dilakukannya metode double layer dan juga penambahan metode Array
8. Mimo paling cocok Dari semua desain telah terbukti dari segi parameter jika desain yang diusulkan yaitu Antena MIMO Array 2x2 dengan hasil s parameter -31,822262 dB, bandwidth 121 MHz, dengan pola radiasi unidireksional, dan polarisasi linier. Sehingga sangat sesuai dengan harapan penulis dalam bentuk simulasi.

### 5.2. SARAN

Berikut adalah saran dari penulis untuk peningkatan pada penelitian berikutnya :

1. Melakukan perancangan desain yang diikuti dengan realisasi guna memvalidasi data yang didapatkan saat simulasi
2. Penambahan substrat sangat berpengaruh besar pada nilai bandwidth dan Gain. Mungkin dengan jumlah yang lebih banyak akan menambah optimalisasi pada nilai gain.
3. Mencoba desain dengan frekuensi kerja berbeda atau mencoba desain dengan model patch yang berbeda.

**REFERENSI**

- [1] DLH JABAR. (2018, Januari 16). <http://dlh.jabarprov.go.id/index.php/layanan/k2-categories-2/item/95-citarum-semakin-menantang>.
- [2] L. Liu and W. Yu, "Massive Connectivity with Massive MIMO–Part I: Device Activity Detection and Channel Estimation," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 66, no. 11, pp. 2933-2946, 2018.
- [3] D. A. Syaifur, R. P. Astuti and B. S. Nugroho, "Design and Analysis Massive MIMO Microstrip Patch Rectangular Dual Band (6 GHz and 28 GHz) for 5G Communication," Telkom University, Bandung, 2017.
- [4] Lutfi M. R., R. P. and D and B. S. Nugroho, "Design and Analysis Massive MIMO Microstrip Patch Rectangular Dual Band (3,5 GHz and 26 GHz) for 5G Communication," Telkom University, Bandung, 2019.
- [5] Shelasih W., Aloysius Adya P., Horeo Wijanto, "Pengaruh Bending pada Karakteristik Antena Mikrostrip 2,4 GHz untuk Perangkat Wearable", Telkom University, Bandung, 2019.
- [6] Rochde and Schwarz, "Introduction to MIMO," Rohde & Schwarz GmbH & Co.KG, Munchen, 2009.
- [7] C. A. Balanis, *ANTENA THEORY*, 3rd ed. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [8] A. A. Pramudita, Sholihin, and D. D. Ariananda, "Array of Eight Circularly Polarized Microstrip Antenas for IEEE 802.11ac MIMO WLAN," *Proc. - 2018 4th Int. Conf. Sci. Technol. ICST 2018*, 2018.
- [9] A. Sibille, C. Oestges, and A. Zanella, *MIMO : From Theory to Implementation*, vol. 23. Oxford: Elsevier, Inc, 2007.
- [10] "Standar IEEE definisi istilah untuk antena.," "IEEE Std 145-1993, hlm. 6,21 Juni 1993.
- [11] G. Manjunath, Naseerruddin, and Sadyojatha K. M. "Design and Anaylis of Circular MPA Using Multi Layer Substrate Sandwich for Bandwidth Enhancement" *ICICES*, India, 2017.
- [12] Akaninyene B. Obot, Gabriel A. Igwue, and Kufre M. Udofia "Design and Simulation of Rectangular Microstrip Antenna Arrays for Improved Gain Performance" *Scientific & Academic Publishing*, 2019.