

Sistem Antena Pemancar *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) 2x2 Dengan 2 Elemen Array Untuk *Base Transceiver Station* (BTS) Sistem Pemantau Sungai Citarum Pada *Industrial, Scientific, And Medical* (ISM) Band 5725-5875 Mhz

System Antenna Transmitter Multiple Input Multiple Output (Mimo) 2x2 With 2 Element Array For Base Transceiver Station (Bts) Citarum River Monitoring System On Industrial, Scientific, And Medical (Ism) Band 5725-5875 Mhz

1st Adnan Adzhani
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
adnanmtv@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Rina Pudji Astuti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id

3rd Trasma Yunita
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Perangkat *monitoring* BTS sungai Citarum memerlukan sistem transmisi yang bisa mengirimkan data secara *real time*. Oleh karena itu dibutuhkan sistem antena yang mampu mengakomodasikan persyaratan tersebut. Untuk meningkatkan kinerja dari antena salah satunya dengan menggunakan teknik MIMO. Teknik MIMO menggunakan lebih dari satu antena baik di sisi pemancar maupun di sisi penerima. Antena mikrostrip memiliki beberapa kelebihan, antara lain memiliki harga yang relatif murah untuk biaya fabrikasinya, ukurannya relatif kecil, dan hampir mampu bekerja di semua frekuensi kerja karena memiliki frekuensi yang fleksibel, menggunakan ISM Band yang bekerja pada rentang frekuensi 5725 MHz sampai 5875 MHz. Pada penelitian ini Sistem Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen array *patch rectangular* dengan arah orientasi antena 90° (Posisi 2) yang paling sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dengan menghasilkan VSWR 1,0858 yang bekerja pada rentang frekuensi 5,669-5,979 GHz, *bandwidth* 310 MHz, dan *gain* 5,931 dB. Pola radiasi yang dihasilkan adalah *unidirectional* dan polarisasi yang dihasilkan adalah *elips*.

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

Abstract—The Citarum river BTS monitoring device requires a transmission system that can transmit data in *real time*. Therefore, an antenna system that is able to accommodate these requirements is needed. One of the ways to improve the performance of the antenna is to use the MIMO technique. The MIMO technique uses more than one antenna on both the transmitter and the receiver side. Microstrip antennas have several advantages, including having a relatively cheap price for the cost of fabrication, relatively small size, and almost able to work at all working frequencies because it has a flexible frequency, using the ISM Band that works in the frequency range of 5725 MHz to 5875 MHz in this study, The 2x2 MIMO Transmitter antenna system with 2 rectangular patch array elements with the antenna orientation direction 90° (Position 2) is the most suitable for the desired specifications by producing a VSWR of 1.0858 which works in the frequency range of 5.669-5.979 GHz, *bandwidth* of 310 MHz, and *gain* of 5.931 dB, the resulting radiation pattern is *unidirectional* and the resulting polarization is *elliptical*.

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

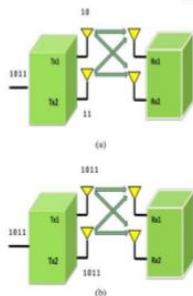
I. PENDAHULUAN
Sungai Citarum merupakan sebuah sungai

yang sudah memberikan banyak sekali manfaat bagi masyarakat Jawa Barat. Kondisi sungai Citarum saat ini sedang kurang baik, Fungsi alih lahan banyak terjadi yang awalnya bantaran sungai merupakan kawasan hijau saat ini berubah menjadi kawasan pemukiman, selain itu pembuangan limbah langsung ke sungai yang menyebabkan sungai Citarum dinobatkan menjadi sungai terkotor di dunia. pada penelitian ini menggunakan sistem transmisi antenna MIMO yang dibangun di Base Tranceiver Terminal (BTS) bantaran sungai Citarum. Diharapkan antenna MIMO dapat menghasilkan *gain* tinggi dan *bandwidth* yang lebar yang mampu mencakup daerah jelajah dari perangkat tersebut. Sistem MIMO adalah sistem antenna yang menggunakan lebih dari satu antenna disisi pemancar ataupun disisi penerima. Untuk meminimalisir beberapa gangguan dalam pentransmisi, sistem MIMO bisa dijadikan solusi karena menawarkan peningkatan kapasitas atau efisiensi spektral dalam kondisi *multipath fading* [4]. Tujuan metode *array* adalah untuk menghasilkan pola radiasi yang memiliki karakteristik tertentu sesuai yang diinginkan dengan menggabungkan beberapa elemen menjadi satu dan menambah *gain*. Antena mikrostrip *patch rectangular* adalah jenis antenna yang umum digunakan, karena memiliki konfigurasi yang sederhana[5]. Maka akan dilakukan perancangan antenna MIMO dengan elemen *array* untuk dikaji pada penelitian ini guna menghasilkan sistem transmisi yang dapat mencakup daerah jelajah dari perangkat *monitoring* sungai citarum.

II. KAJIAN TEORI

A. Multiple Input Multiple Output (MIMO)

MIMO (Multiple Input Multiple Output) merupakan teknologi multi antenna yang berada di pengirim dan penerima. MIMO memiliki fungsi menanggulangi efek negatif dari *multipath fading*. Teknologi MIMO mampu menghasilkan frekuensi yang lebih efisien dengan mengirim informasi yang sama dari dua atau lebih pemancar ke penerima, sehingga mampu mengurangi kemungkinan informasi hilang dibandingkan dengan menggunakan pemancar tunggal.

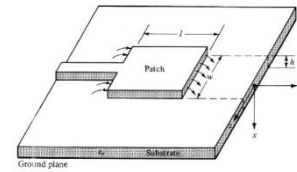


GAMBAR 1.
KONFIGURASI MIMO

B. Antena Mikrostrip

Antena adalah perangkat yang memiliki fungsi untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik. Mikrostrip adalah salah satu jenis antenna yang umum digunakan. Antena mikrostrip terdiri atas *patch* sebagai peradiasi gelombang elektromagnetik, pada sisi lainnya terdapat *ground plane*, dan di antara keduanya terdapat substrat

dielektrik[5].



GAMBAR 2.
STRUKTUR ANTENA MIKROSTRIP.

C. Antena Array

Antena array merupakan satu set antenna yang terdiri dari beberapa antenna yang disusun secara teratur. Secara umum performa dari antenna array dapat dilihat dari semakin banyaknya jumlah elemen yang terdapat pada antenna array[12]. Dibuatnya sebuah antenna array bertujuan untuk menghasilkan pola radiasi yang memiliki karakteristik tertentu yang diinginkan dengan menggabungkan beberapa elemen menjadi satu untuk meningkatkan *gain*. Antennanya sendiri bisa terdiri dari 2 (dua), atau bahkan ribuan[8].

D. Dimensi Antena

Antena mikrostrip *patch rectangular* adalah jenis antenna yang umum digunakan, karena memiliki konfigurasi yang sederhana. Adapun parameter yang harus diketahui dalam perhitungan matematis antenna mikrostrip *rectangular* adalah frekuensi resonansi (f_r), konstanta dielektrik dari substrat (ϵ_r), dan tebal dari substrat (h). Perancangan antenna mikrostrip *rectangular* dilakukan secara bertahap[5]. Frekuensi yang digunakan pada penelitian ini adalah 5725 MHz – 5875 MHz. Untuk perhitungan f dimensi antenna terlebih dahulu ditetapkan nilai:

- Frekuensi kerja antenna (f_c) = 5800 MHz
- ϵ_r bahan (E_{foxy}) = 4,3
- μ_r = mendekati 1 (Udara)
- tebal *patch* = 0,035 mm
- tebal *substrat* = 1,575 mm

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk perhitungan dimensi antenna.

1. Menentukan Patch Rectangular

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2.1)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

$$\Delta L = 0,412 \times h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \quad (2.3)$$

$$L = L_{eff} - 2 \Delta L \quad (2.4)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \times \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.5)$$

Keterangan:

W=lebar patch (mm)

f_0 =frekuensi resonansi (Hz)

ϵ_r =konstanta dielektrik bahan substrat

ϵ_{reff} =konstanta dielektrik efektif substrat

h =ketebalan substrat dielektrik (mm)

ΔL =fringing effect

L=panjang patch (mm)

L_{eff} =panjang efektif

2. Menentukan saluran pencatu.

$$B = \frac{60(\pi)^2}{z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.6)$$

dimana,

z_0 = Impedansi Karakteristik saluran (50 Ω)

Untuk menentukan lebar saluran pencatu dapat digunakan persamaan berikut:

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r}{2\epsilon_r} [\ln(B - 1 + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r})] \right\} \quad (2.7)$$

Untuk menentukan panjang saluran pencatu dapat digunakan persamaan berikut:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{W_f} \right)^{-1/2} \quad (2.8)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{f_c \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.9)$$

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.10)$$

Keterangan:

W_f = Lebar feedline (mm)

L_f = Panjang feedline (mm)

3. Menentukan dimensi ground plane dan substrat:

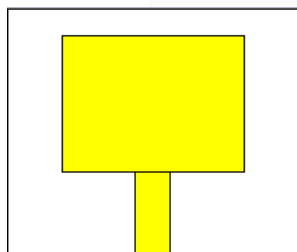
$$L_s = 6h + R \quad (2.11)$$

$$W_s = 6h + \frac{\pi}{2} R \quad (2.12)$$

Keterangan:

L_g = panjang groundplane

W_g = Lebar groundplane



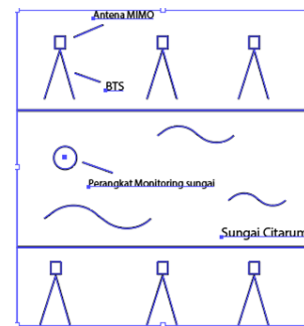
GAMBAR 3.
ANTENA MIKROSTRIP RECTANGULAR

III. METODE

Sistem perancangan pada penelitian ini antenna MIMO 2x2 array dengan patch rectangular tujuannya adalah untuk memenuhi spesifikasi dari antenna 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 5725 - 5875 MHz. Dalam perancangannya, akan digunakan software perancangan antenna.

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 90° dan 180° melihat apakah ada pengaruhnya terhadap hasil yang didapat. Optimasi akan dilakukan jika parameter belum terpenuhi, dapat dilakukan penentuan kembali dimensi 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

A. Spesifikasi Antena

Untuk merancang suatu antenna, diperlukan suatu spesifikasi khusus yang sudah disiapkan sehingga dapat memudahkan proses perancangan dan menjadi acuan dalam pembuatan suatu antenna. Jenis antenna yang dirancang adalah antenna mikrostrip dengan patch berbentuk *rectangular* dengan menggunakan frekuensi 5725-58785 MHz pada ISM Band. Adapun spesifikasi yang diharapkan dapat tercapai adalah sebagai berikut.

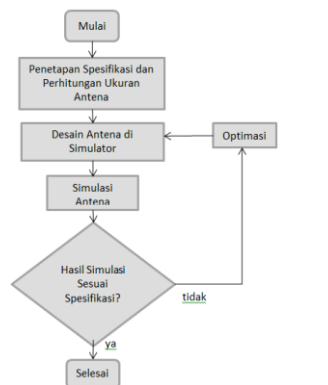
TABEL 1
SPESIFIKASI ANTENA YANG AKAN DIRANCANG

VSWR	≤ 2 dB
Gain	≥ 4 dB
Bandwith	≥ 150 MHz
Pola Radiasi	Unidirectional
Mutual Coupling	≤ -20 dB
Frekuensi	5725-5875 MHz

B. Diagram Alir Perancangan

Perancangan dimulai dengan menentukan bentuk antenna yang diinginkan dan spesifikasi yang ingin dicapai. Setelah menentukan bentuk antenna, selanjutnya dilakukan studi literatur untuk menentukan persamaan yang akan digunakan untuk menghitung ukuran-ukuran antenna, seperti ukuran substrat, groundplane hingga slot maupun patch dari antenna. antenna disusun dengan elemen array untuk kemudian diuji parameter-parameternya. VSWR yang akan dicapai adalah kurang dari 2, gain lebih atau sama dengan 4 dB, dan bandwidth lebih atau sama dengan 150 MHz. Bandwidth antenna dapat ditinjau dari salah satu parameter tersebut, dimana dari 5725 - 5875 MHz. Nilai VSWR seharusnya di bawah 2 sementara di frekuensi lain VSWR tinggi.

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



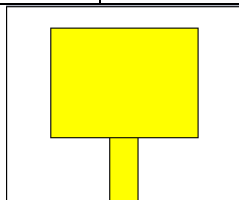
GAMBAR 5
DIAGRAM ALIR PERANCANGAN ANTENA

C. Simulasi Antena

Langkah awal dalam penelitian ini adalah dengan membuat antenna single elemen dengan nilai-nilai sesuai dengan dimensi perhitungan seperti pada Tabel 2. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (2.1) sampai dengan (2.12) akan didapatkan nilai-nilai dimensi antenna sebagai berikut.

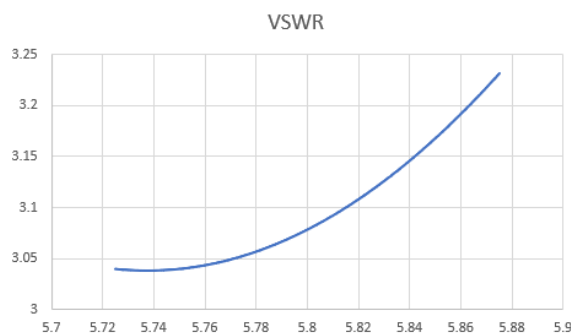
TABEL 2
DIMENSI ANTENA BERDASARKAN PERHITUNGAN

Keterangan	Parameter List/Symbol	Dimensi (mm)
Panjang Patch	L_p	18,18
Lebar Patch	W_p	15,739
Tebal Cooper	T	0,035
Lebar Feeder	W	2,98
Panjang Feeder	L_m	7,085
Panjang Ground Plane	L_g	25,189
Lebar Ground Plane	W_g	27,63
Tebal Substrate	H	1,575



GAMBAR 6
ANTENA SINGLE PATCH RECTANGULAR DENGAN DIMENSI PERHITUNGAN

Dengan dimensi perhitungan seperti yang terdapat pada Tabel 2 maka antenna 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

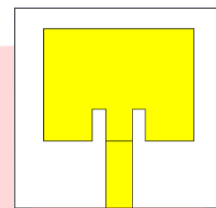


GAMBAR 7
NILAI VSWR ANTENA MIKROSTRIP SINGLE PATCH DENGAN DIMENSI PERHITUNGAN

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

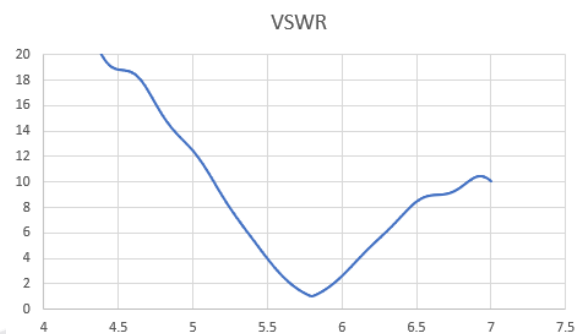
TABEL 3
DIMENSI ANTENA SETELAH OPTIMASI

Keterangan	Parameter List/Symbol	Dimensi (mm)
Panjang Patch	L_p	15,875
Lebar Patch	W_p	12
Tebal Cooper	T	0,035
Lebar Feeder	W	2,8
Panjang Feeder	L_m	7,085
Panjang Ground Plane	L_g	21,21
Lebar Ground Plane	W_g	22
Tebal Substrate	H	1,575



GAMBAR 8
ANTENA MIKROSTRIP CIRCULAR SETELAH OPTIMASI

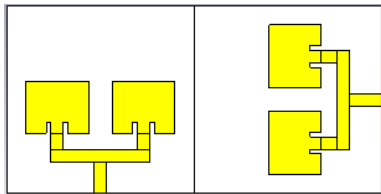
Dengan dimensi antenna yang telah dioptimasi maka spesifikasi yang diinginkan telah dicapai. Nilai VSWR sudah sesuai spesifikasi pada frekuensi tengah atau 5,8 GHz yaitu 1,054 dB seperti terlihat pada Gambar 9



GAMBAR 9
NILAI VSWR PADA ANTENA MIKROSTRIP CIRCULAR SETELAH OPTIMASI

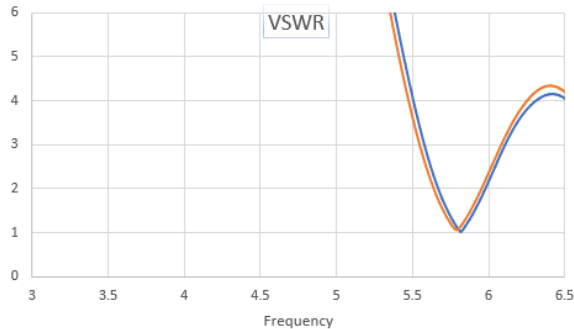
Dikarenakan fokus penelitian ini Sistem perancangan pada penelitian ini antenna MIMO Array 2x2 dengan bentuk *patch rectangular* maka simulasi antenna diterapkan pada antenna mikrostrip menggunakan teknik *array MIMO* pada antenna 2x2 dengan 2 elemen, serta melakukan eksplorasi berupa mengubah arah orientasi antenna secara horizontal (posisi 1), 90° (posisi 2) dan 180° (posisi 3) pada antenna MIMO 2x2 dengan 2 elemen array.

Setelah dilakukan proses perancangan antenna menggunakan metode *trial and error* dengan eksplorasi penambahan *patch* dan penyusunan *port* secara horizontal, 90° dan 180° maka didapatkan maka antenna pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen array dengan arah orientasi antenna 90° yang paling sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.



GAMBAR 10
ANTENA PEMANCAR MIMO 2X2 DENGAN 2 ELEMEN
ARRAY POSISI 2

Untuk nilai VSWR sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, seperti pada Gambar 11 nilai VSWR pada frekuensi kerja adalah 1,0858, dengan *bandwith* 310 MHz yang bekerja pada frekuensi 5,669-5,979 GHz.



GAMBAR 11
NILAI VSWR PADA ANTENA PEMANCAR MIMO 2X2
DENGAN 2 ELEMEN ARRAY POSISI 2

Gain yang dihasilkan oleh antenna mimo 2x2 dengan 2 elemen dengan bentuk keterarahan orientasi yang disusun memiliki perbedaan 90° sebesar 5,931 dBi, terbukti bahwa penyusunan bentuk keterarahan orientasi yang berbeda dapat mempengaruhi nilai *gain*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

A. 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 tabel dibawah ini..

TABEL 4
NILAI S-PARAMETER DARI TIAP ANTENA

Skenario Antena	S Parameter
Antena 1 patch sebelum optimasi	$S_{1,1} = 5,8555816$
Antena 1 patch setelah optimasi	$S_{1,1} = -31,59566$
Antena 1 patch dengan 2 elemen array	$S_{1,1} = -24,675732$
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 1	$S_{1,1} = -20,09374$ $S_{2,1} = -20,600429$ $S_{1,2} = -20,588665$ $S_{2,2} = -20,194106$
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 2	$S_{1,1} = -27,709892$ $S_{2,1} = -28,269238$

dengan 2 elemen posisi 2	$S_{1,2} = -28,204934$ $S_{2,2} = -28,287022$
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 3	$S_{1,1} = -19,125365$ $S_{2,1} = -20,269238$ $S_{1,2} = -20,603758$ $S_{2,2} = -18,386451$

Dari Tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa nilai S-parameter berubah saat ada perubahan dimensi antenna dan penyusunan *port* tetapi tetap sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu nilai *mutual coupling* ≤ -20 dB pada saat $S_{1,2}$ dan $S_{2,1}$.

B. 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 5 Nilai VSWR yang diamati diambil dari frekuensi tengah yaitu 5,8 GHz.

TABEL 5
NILAI VSWR DARI TIAP ANTENA

Skenario Antena	VSWR (Frekuensi 5,8 Ghz)
Antena 1 patch sebelum optimasi	3,07
Antena 1 patch setelah optimasi	1,054
Antena 1 patch dengan 2 elemen array	1,124
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 1	1,219
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 2	1.0858
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 3	1.2486

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

C. Perbandingan Nilai Bandwidth

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai VSWR sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu ≤ 2 . Akan tetapi terjadi peningkatan pada antenna pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen array posisi 2, Dengan mengubah arah orientasi antenna 90° malah menambahkan nilai *bandwidth*. Nilai *bandwidth* yang dihasilkan dapat dilihat dari Tabel 6.

TABEL 6
NILAI BANDWIDTH DARI TIAP ANTENA

Skenario Antena	Frekuensi 2,45 GHz
Antena 1 patch sebelum optimasi	-
Antena 1 patch setelah optimasi	279,2 MHz
Antena 1 patch dengan 2 elemen array	259,3 MHz
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 1	261,9 MHz
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 2	310 MHz

Skenario Antena	Frekuensi 2,45 GHz
posisi 2	
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 3	265,4 MHz

Dapat dilihat dari Tabel 6 bahwa nilai *bandwidth* dipengaruhi oleh penambahan *patch* dan penyusunan *port*. Dari Tabel 6 dapat dilihat semua desain sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.. Pada antena pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen array posisi 2 memiliki nilai *bandwith* terbaik yang bekerja pada rentang frekuensi 5,669-5,979 GHz.

D. Perbandingan Nilai Gain

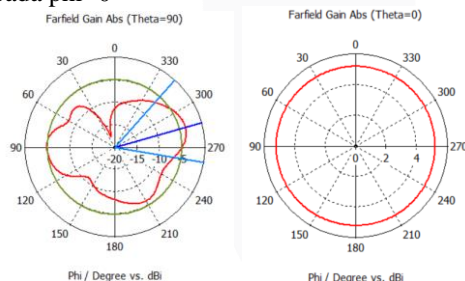
Pengukuran gain bertujuan untuk dapat mengetahui besarnya penguatan daya yang dihasilkan dari antena yang sudah dibuat.. Nilai *gain* yang dihasilkan dapat dilihat dari Tabel 7

TABEL 7
NILAI GAIN DARI TIAP ANTENA

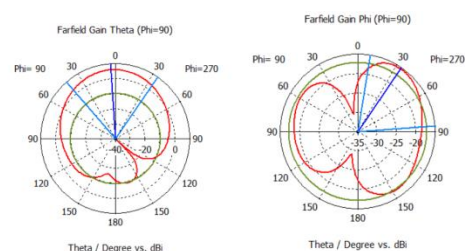
Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa *gain* antena sangat dipengaruhi oleh penambahan *patch* dan metode array. Dari Tabel 7 dapat dilihat semua desain sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan kecuali antena *single* elemen.

E. Perbandingan Pola Radiasi Antena

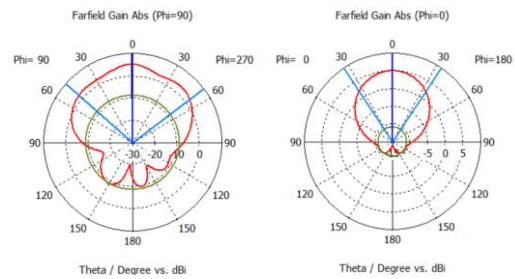
Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan dapat diperoleh pola radiasinya, pola radiasi dari arah elevasi pada Antena yang dilihat pada $\phi=90^\circ$ dan azimuth pada $\phi=0^\circ$



GAMBAR 13
POLA RADIASI ARAH ELEVASI (KIRI) DAN AZIMUTH (KANAN) PADA ANTENA PEMANCAR MIMO 2X2 DENGAN 2 ELEMEN ARRAY PATCH RECTANGULAR POSISI 1



GAMBAR 14
POLA RADIASI ARAH ELEVASI (KIRI) DAN AZIMUTH (KANAN) PADA ANTENA PEMANCAR MIMO 2X2 DENGAN 2 ELEMEN ARRAY PATCH RECTANGULAR POSISI 2



GAMBAR 15
POLA RADIASI ARAH ELEVASI (KIRI) DAN AZIMUTH (KANAN) PADA ANTENA PEMANCAR MIMO 2X2 DENGAN 2 ELEMEN ARRAY PATCH RECTANGULAR POSISI 3

Dapat dilihat dari gambar 13 sampai gambar 15 pola radiasi nya adalah *unidirectional* baik dari arah elevasi maupun azimuth.

F. Perbandingan Polarisation

Antena dikatakan memiliki polarisasi sirkular apabila nilai *axial ratio* nya ≤ 3 dB, polarisasi *elips* apabila memiliki nilai *axial ratio* >3 dB sampai <40

Skenario Antena	Gain
Antena 1 <i>patch</i> sebelum optimasi	2,416 dB
Antena 1 <i>patch</i> setelah optimasi	2.26 dB
Antena 1 <i>patch</i> dengan 2 elemen array	5,135 dB
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 1	5,346 dB
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 2	5,931 dB
Antena Pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen posisi 3	5,024 dB

dB, sedangkan polarisasi linier apabila memiliki nilai *axial ratio* ≥ 40 dB.[16]

TABEL 8 POLARISASI SETIAP ANTENA

Desain Antena	Nilai Polarisation	Jenis Polarisation
Antena pemancar MIMO 2x2 posisi 1	16.26	elips
Antena pemancar MIMO 2x2 posisi 2	29.28	elips
Antena Pemancar MIMO 2x2 Posisi 3	40	linier

Dilihat dari tabel 8 antena pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen array posisi 1 dan posisi 2 memiliki polarisasi *elips* karena nilai *axial ratio* nya > 3 dB sampai <40 dB, sedangkan antenna pemancar MIMO 2x2 dengan 2 elemen array posisi 3 memiliki polarisasi linier karena nilai *axial ratio* nya ≥ 40 dB.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. 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.
2. Pada penelitian ini setelah dilakukan optimasi dan menambahkan *inset feed* pada antenna yang dirancang mampu memperbaiki nilai VSWR dan mengubah pola radiasi dari *omnidirectional* menjadi *unidirectional*.
3. Nilai *Gain* dari antenna dipengaruhi oleh penambahan metode *array*, terbukti ketika hanya *single* elemen, *gain* yang dihasilkan hanya 2.26 dB tetapi setelah penambahan patch terjadi peningkatan menjadi 5,135 dB.
4. Pada penelitian ini desain terbaik adalah Antena MIMO 2x2 dengan 2 Elemen Array *patch rectangular* posisi 2 yang memiliki nilai VSWR 1.0858 bekerja pada rentang frekuensi 5,669-5,979 GHz, *bandwidth* 310 MHz, memiliki *gain* 5,931 dBi, dan memiliki pola radiasi *unidirectional*.

B. 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.

REFERENSI

- [1] S. Prodi, T. Elektro, F. T. Elektro, U. Telkom, and M. Robot, "SISTEM KENDALI PERGERAKKAN ROBOT APUNG UNTUK MEMANTAU KADAR Abstrak," pp. 1–8.
- [2] 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, doi: 10.20895/infotel.v9i1.130.
- [3] K. Jones A.S., L. Olivia N., and B. Syihabuddin, "Perancangan Antena MIMO 2x2 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Aplikasi 5G," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, 2017, doi: 10.22146/jnteti.v6i1.299.
- [4] Putri, S. M. (2018). ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP FRAKTAL SIERPINSKI GASKET MIMO. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi*, 4(2), 55-61.
- [5] K. J. A. S, 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."
- [6] . A. and . E., "IEEE 802.11ac sebagai Standar Pertama untuk Gigabit Wireless LAN," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 1, pp. 36–44, 2014, doi: 10.17529/jre.v11i1.1994.
- [7] Utami, E. Y. D., Setaiji, F. D., & Pebrianto, D. (2017). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Persegi Panjang 2, 4 GHz untuk Aplikasi Wireless Fidelity (Wi-Fi). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 196-202.
- [8] N. W. Gaspura, D. Arseno, and A. A. Pramudita, "Pengaruh Mutual Coupling Pada Beamforming Antena Array," *TEKTRIKA - J. Penelit. dan Pengemb. Telekomun. Kendali, Komputer, Elektr. dan Elektron.*, vol. 5, no. 1, p. 6, 2020, doi: 10.25124/tektrika.v5i1.3239.
- [9] B. A. B. Ii and A. Pengertian, "Bab ii konsep dasar kafalah," vol. 1, pp. 6–28, 2000.
- [10] 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.
- [11] E. L. Wijaya, A. A. Pramudita, and T. Yunita, "Pengaturan Polarisasi Elemen Patch Sirkular Pada Sistem Antena MIMO Susunan Bidang Untuk Komunikasi 5G," pp. 1–8, 2020.
- [12] I. Hajar, J. T. Elektro, F. T. Industri, and U. I. Indonesia, "DESAIN ANTENA MIKROSTRIP PATCH ARRAY 28 GHz DENGAN CST MICROWAVE STUDIO," 2018.
- [13] Anonim, "Bab II Landasan Teori," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 8–24, 2019.
- [14] M. F. Hasan, "Simulasi Antena Mikrostrip Bidang Segiempat Tunggal Dengan Software

Matlab,” vol. 7, pp. 2–5, 2004.

[15] D. Arseno *et al.*, “PENGARUH DIMENSI FEEDER TERHADAP ANTENA MIKROSTRIP PATCH PERSEGI UNTUK DBS KU-BAND Pengertian antena dalam IEEE Standard Definitions of Term for Antena adalah sebuah alat Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) merupakan perbandingan antara tegangan maksimum,” pp. 309–314, 2018.

[16] Balanis, C. A. (2015). Antenna theory: analysis and design. John wiley & sons.

