

# Konversi Antena Mimo 2x2 Frekuensi 2,4 Ghz Menjadi 5,5 Ghz Menggunakan Patch Bowtie Berbasis Dual Slot Segi Empat dan Single Slot Segitiga

## The Conversion of Mimo Antenna 2x2 Frequency 2.4 Ghz To 5.5 Ghz Using Patch Bowtie Based On Rectangular Dual Slot and Single Triangle Slot

M.Reza Hidayat<sup>1\*</sup>, Reza Agung Permana<sup>2</sup>, Susanto Sambari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Jenderal Achmad Yani Jurusan Teknik Elektro

Jl. Terusan Jend. Sudirman, Cibeber, Kec. Cimahi Sel., Kota Cimahi, Jawa Barat 40531, (022) 6656190  
rezaagungp94@gmail.com<sup>1\*</sup>, mreza@lecture.unjani.ac.id<sup>2</sup>, Santo.sambari@gmail.com<sup>3</sup>

**Abstrak** – Perkembangan antena radar semakin cepat dan beragam, salah satunya adalah antena MIMO (multiple output). Antena MIMO banyak digunakan untuk teknologi 5G karena efisiensi spectral dan frekuensi yang tinggi. Antena MIMO juga merupakan suatu sistem yang menggunakan multi antena baik pengirim (Transmitter) maupun penerima (receiver) yang bisa mengatasi kelemahan pada sistem komunikasi wireless. Penelitian ini merancang sebuah antena mikrostrip MIMO 2X2 dengan menggunakan patch bowtie untuk mengkonversi frekuensi dari 2,4 GHz menjadi 5,5 GHz dengan menambahkan dual slot segiempat dan single slot segitiga. Hasil simulasi menunjukkan penambahan dual slot segiempat dan single slot segitiga pada patch antena bowtie dapat menggeser frekuensi kerja dari 2,4 GHz menjadi 5,5 GHz. Dari hasil simulasi antena MIMO 2X2 didapatkan nilai return loss S11 sebesar -46,5 dB, insertion loss S21 sebesar -25,2 dB, bandwidth sebesar 192,2 MHz, VSWR sebesar 1,00 dan gain sebesar 3,11 dBi. Hasil dari pengukuran antena MIMO menunjukkan perbedaan dari parameter antena 1 dan 2. Hal ini disebabkan adanya ketidaksamaan ukuran dari antena 1 dan antena 2. Pengukuran nilai return loss untuk antena 1 yaitu sebesar -22,32 dB dan -15,63 dB untuk antena 2. Hasil pengukuran insertion loss antena 1 dan 2 memiliki nilai yang sama yaitu -43,5 dB dan untuk lebar bandwidth memiliki perbedaan nilai yaitu 50 MHz untuk antena 1 dan 100 MHz untuk antena 2. Pengukuran nilai VSWR 1 didapatkan nilai sebesar 1,96, VSWR 2 sebesar 1,41.

**Kata Kunci:** MIMO, wifi, mikrostrip, antena patch bowtie

**Abstract** – The development of radar antennas is getting faster and more diverse, one of which is the MIMO (multiple output) antenna. MIMO antennas are widely used for 5G technology because of their high spectral efficiency and frequency. MIMO antenna is also a system that uses multiple antennas, both transmitter and receiver which can solving the weaknesses in wireless communication systems. The research designed a 2X2 MIMO microstrip antenna using a patch bowtie to convert the frequency from

---

TELKA, Vol.7, No.2, November 2021, pp. 161~173

ISSN (e): 2540-9123

ISSN (p): 2502-1982

■ 161

2.4 GHz to 5.5 GHz by adding dual rectangular slots and single triangular slots. The simulation results show that the addition of dual rectangular slots and single triangular slots on the patch bowtie antenna can shift the working frequency from 2.4 GHz to 5.5 GHz. From the simulation results of MIMO 2X2 antenna, the return loss value of  $S_{11}$  is -46.5 dB, insertion loss  $S_{21}$  is -25.2 dB, bandwidth is 192.2 MHz, VSWR is 1.00 and gain is 3.11 dBi. The results of the MIMO antenna measurements show differences in the parameters of antennas 1 and 2. This is due to the difference size of antenna 1 and antenna 2. The measurement of the return loss value for antenna 1 is -22.32 dB and -15.63 dB for antenna 2. The results of the insertion loss measurements for antennas 1 and 2 have the same value, which is -43.5 dB and for the width of the bandwidth has a different value, 50 MHz for antenna 1 and 100 MHz for antenna 2. Measurement of the value of VSWR 1 obtained a value of 1.96, VSWR 2 is 1.41.

**Keywords:** bowtie patch antenna, microstrip, MIMO, wifi.

## 1. Pendahuluan

Antena MIMO banyak digunakan untuk teknologi 5G karena efisiensi spectral dan frekuensi yang tinggi. Antena MIMO juga merupakan suatu sistem yang menggunakan multi antena baik pengirim (*Transmitter*) maupun penerima (*receiver*) yang bisa mengatasi kelemahan pada sistem komunikasi *wireless*. Antena MIMO dapat melipat gandakan kapasitas serta kemampuan mengirimkan dan menerima lebih banyak lagi data secara bersamaan. Meningkatnya kebutuhan *transfer* data cepat dan dalam jumlah yang banyak pada pengguna *Wifi* mendorong munculnya teknologi dan standar baru. IEEE telah merilis standar 802.11n, dengan perubahan dari standar sebelumnya yaitu *data rate* lebih tinggi, *bandwidth* lebih lebar dan mendukung teknologi MIMO[1] – [3].

Kebutuhan *transfer* data cepat dengan jumlah yang besar pada pengguna *wifi* meningkat mendorong munculnya teknologi dan standard baru pada *wifi*. IEEE telah merilis standard 801.11n dengan perubahan dari standard sebelumnya dengan *data rate* lebih tinggi dan *bandwidth* yang lebar dan mendukung teknologi MIMO. Dari hasil penelitian, Antena Mikrostrip MIMO 2x2 dapat bekerja dengan baik dibandingkan dengan Antena Dipole *Default* berdasar hasil pengujian level sinyal dan kecepatan transfer data baik dalam keadaan LOS maupun NLOS[4]. Penelitian kedua mengenai perkembangan *Radio over fiber* pada sisi antena menggunakan Teknik *multiple output* atau MIMO. Dari hasil penelitian antena MIMO 2X2 menghasilkan performa terbaik dalam hal kapasitas kanal sehingga terjadi efisiensi *bandwidth* karena memiliki 2 antena pemancar. Jadi antena ini sangat optimal jika diaplikasikan pada *radio over fiber* pada jaringan LTE[5]. Penelitian ketiga menggunakan teknologi MIMO pada multi antena baik disisi *transmitter* maupun *receiver* untuk mengatasi *multipath fading*. Selain itu teknologi MIMO juga memiliki daya tembus penghalang yang baik serta menjangkau daerah yang lebih luas jika bekerja pada frekuensi 2,4 GHz[6]. Penelitian keempat MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) merupakan teknologi komunikasi *wireless* yang mendukung terhadap LTE (*Long Term Evolution*) dalam pengembangan generasi ketiga dalam sistem komunikasi seluler. Jenis antenanya ialah jenis mikrostrip yang mempunyai dimensi yang lebih kecil dibanding antena lainnya[7]. Penelitian kelima tentang antena mikrostrip adalah antena yang terdiri dari dua lapisan konduktor yang berfungsi sebagai elemen peradiasi dan *groundplane*. Diantara kedua konduktor tersebut terdapat bahan substrat dengan nilai konstanta dielektrik dalam rentang  $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ . Konstanta dielektrik yang rendah dan substrat yang tebal menghasilkan *bandwidth* yang besar dan efisiensi yang tinggi, sehingga dimensi antena menjadi lebih besar. Sebaliknya konstanta dielektrik yang rendah dan substrat yang tipis akan menghasilkan *bandwidth* yang lebih kecil dan efisiensi yang rendah, dimensi antena akan lebih kecil[8]. Penelitian berikutnya merancang antena fleksibel duroid rogger 3003 C dengan frekuensi 2,455 GHz. Antena dengan bahan *fleksible* bisa digunakan untuk komunikasi saat dan pasca terjadi bencana alam seperti gempa dan erupsi gunung berapi [9].

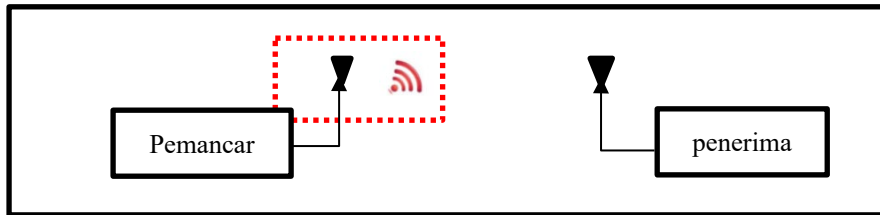
Oleh karena itu pada penelitian ini juga dilakukan miniturisasi antena MIMO 2X2 untuk frekuensi kerja 5 GHz dengan observasi pengaruh dari penambahan slot di bowtie pada antena

dalam bentuk segitiga (*single*) serta dual slot segiempat dan mengamati karakteristik dari parameter antenna yakni *Voltage standing wave ratio* (VSWR), *return loss*, pengutan, dan juga *bandwidth* dari antenna MIMO 2X2 ketika ukuran dari slot tersebut diubah-ubah. Kemudian merealisasikan antenna hasil simulasi ke dalam *hardware* dan membandingkan hasil pengukuran dengan hasil simulasi.

2. Metode Penelitian

2.1. Diagram Blok Sistem

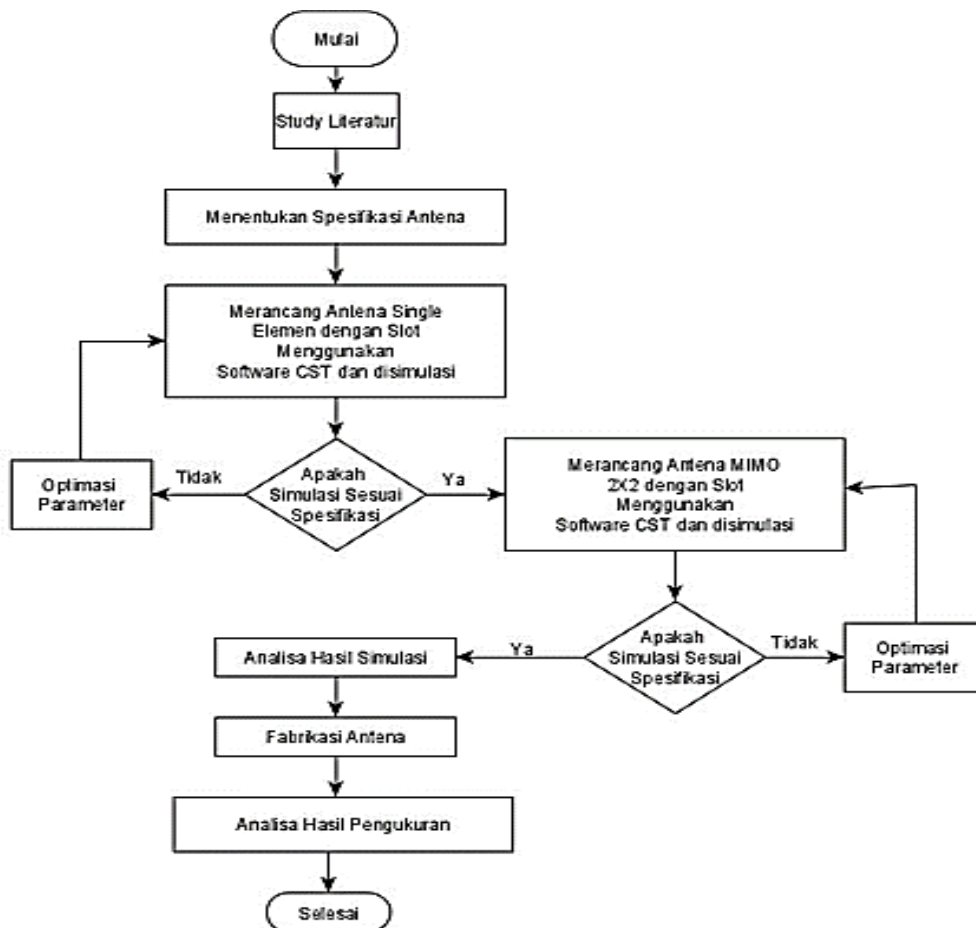
Gambar 1. merupakan diagram blok sistem antenna, karena yang dibuat adalah antenna pengirim, maka yang dibahas adalah bagian pengirim yaitu yang didalam kotak merah.



Gambar 1. Diagram blok sistem.

2.2. Diagram Alir

Diagram alir penelitian mengacu pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir perancangan antenna.

Perancangan antenna mikrostrip *bowtie* MIMO dibuat dengan beberapa tahapan agar perancangan dapat dilakukan secara sistematis. Tahapan perancangan dilakukan dan dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 2. Dalam menentukan perancangan suatu antenna harus menentukan spesifikasi antenna terlebih dahulu, dilanjutkan dengan menghitung dimensi antenna dan kemudian disimulasikan menggunakan *software CST suite 2019*. Setelah mendapatkan hasil antenna yang diinginkan, antenna bisa langsung difabrikasi sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan dalam simulasi menggunakan *software CST*. Pengujian dilakukan dengan mengukur menggunakan alat *vector network analyzer* (VNA) untuk mengetahui hasil dari S-Parameter dan VSWR dari antenna yang telah difabrikasi seperti pada Gambar 2.

## 2.3. Perancangan Antena

### 2.3.1. Spesifikasi antenna

Seperti yang telah dijelaskan pada diagram alir pada Gambar 2, spesifikasi antenna harus ditentukan dengan mengikuti standard dari aplikasi yang akan digunakan. Tabel 1 menampilkan spesifikasi yang menjadi acuan untuk perancangan yang dilakukan.

Tabel 1. Spesifikasi antenna.

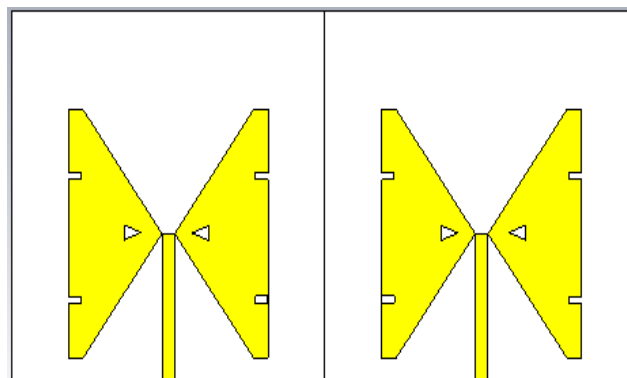
Parameter	Spesifikasi <i>wifi 802.11n</i>
<i>Band frekuensi</i>	2 GHz - 6 GHz
<i>Bandwith</i>	$\geq 100$ MHz
VSWR	$\leq 2$
<i>Return loss</i>	$\leq -10$ dB
<i>Gain</i>	$\geq 2$ dBi
Pola radiasi	<i>Unidirectional</i>

### 2.3.2. Karakteristik Bahan

Karena yang dibuat adalah antenna mikrostrip, jadi bahan yang digunakan adalah material tembaga (*copper*). Material ini digunakan untuk bahan dari *patch* dan *goundplane* dan untuk substrat digunakan bahan dari material FR-4 *epoxy*.

### 2.3.3. Kontruksi Antena

Kontruksi antenna yang dipilih adalah antenna mikrostrip *bowtie* MIMO 2X2 dengan menambahkan persegi pada ujung antenna dan menambahkan dual slot persegi dan single slot segitiga. Spesifikasi antenna mikrostrip *bowtie* MIMO 2X2 diharapkan bisa memenuhi standard dari *wifi 802.11n* dengan frekuensi 5,5 Ghz. Rancangan antenna ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan antenna MIMO 2X2 *Bowtie*.

#### 2.4. Perhitungan Dimensi Antena

Dalam pembuatan antena mikrostrip *bowtie* yang pertama dihitung adalah lebar dari *patch* antena atau  $W$  dengan menggunakan persamaan (1).

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

dimana didapatkan lebar dari *patch* antena yaitu sebesar 38,3 mm. Kemudian menghitung konstanta dielektrik ( $\epsilon_{reff}$ ) dengan menggunakan persamaan (2).

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

dari hasil persamaan diatas didapatkan konstanta dielektrik sebesar 2,271. Selanjutnya menghitung  $\Delta L$  dengan menggunakan persamaan (3).

$$\Delta L = 0.412h \left[ \frac{\epsilon_{reff} + 0.3 \left( \frac{w}{h} + 0.264 \right)}{\epsilon_{reff} - 0.258 \left( \frac{w}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (3)$$

dan didapatkan nilai sebesar 0,883 mm. Tahap selanjutnya yaitu menghitung panjang efektif dari antena ( $L_{eff}$ ) dengan menggunakan persamaan (4).

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (4)$$

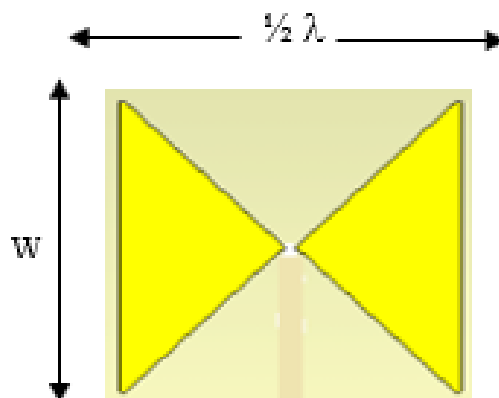
dengan mendatkan nilai sebesar 42,7 mm. Setelah nilai  $\Delta L$  dan ( $L_{eff}$ ) sudah diperoleh tahap selanjutnya adalah mencari panjang sebenarnya dari antena dengan menggunakan persamaan (5).

$$L_{eff} = \frac{c}{2f \cdot \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (5)$$

dan diperoleh nilai sebesar 42,69 mm. selanjutnya adalah menghitung panjang gelombang dengan menggunakan persamaan (6).

$$\lambda = \frac{c}{2f \cdot \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (6)$$

dan mendapatkan nilai lamda sebesar 75,57 mm. sedangkan untuk panjang efektif yaitu  $\frac{1}{2} \lambda$  sebesar 36,25 mm [10]. Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan hasil seperti Gambar 4.



Gambar 4. Panjang  $\frac{1}{2} \lambda$  pada Antena Mikrostrip *Bowtie*.

### 2.4.1. Substrate dan Groundplane

Antena yang dibuat adalah MIMO 2X2 sehingga *substrate* dan *groundplane* dibuat berbentuk persegi panjang. Untuk mengetahui lebar dari *substrate* dan *groundplane* didapatkan nilai sebesar 47,99 mm. Sedangkan untuk mengetahui panjang dari *substrate* dan *groundplane* didapatkan nilai sebesar 52,29 mm. Dari hasil perhitungan diatas didapatkan hasil parameter-parameter dalam perancangan antena mikrostrip *bowtie* MIMO 2X2 dengan nilai seperti pada Tabel 2.

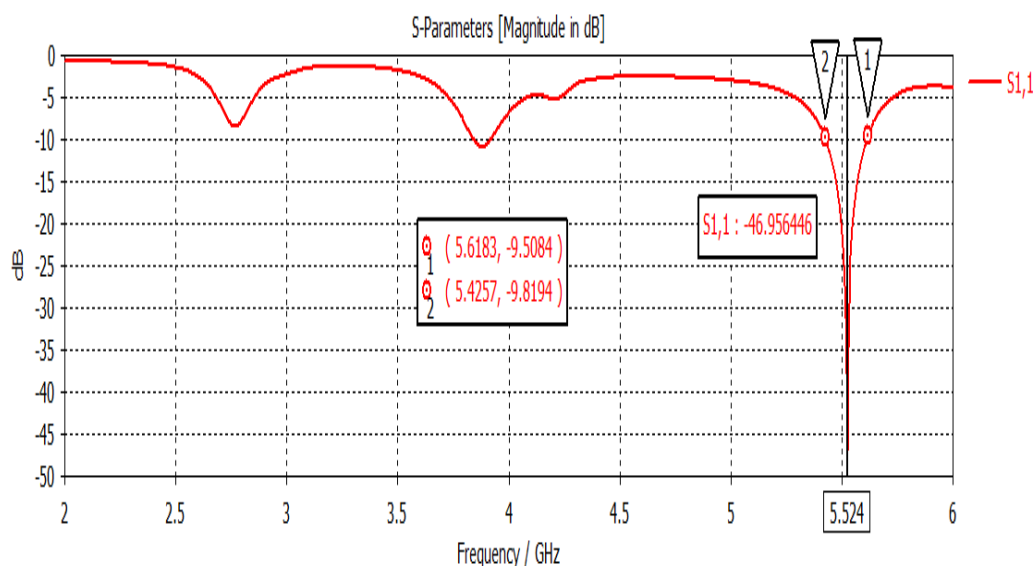
Tabel 2 Parameter antena.

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
A	42,69	Panjang <i>patch</i>
a <sub>1</sub>	3	Alas <i>slot</i> segitiga
B	38,39	Lebar <i>patch</i>
b <sub>1</sub>	8	Tinggi <i>slot</i> segitiga
C	7	Lebar <i>slot</i> persegi
D	38,39	Panjang <i>satch</i> persegi
E	3	Panjang <i>slot</i> persegi
F	3	Lebar <i>slot</i> persegi
H	1,6	Ketebalan <i>substrate</i>
T	0.035	Ketebalan <i>patch</i>
L <sub>f</sub>	13,330	Panjang <i>feeder</i> (50Ω)
l <sub>s</sub>	52,29	Panjang <i>substrate</i>
w <sub>f</sub>	3.057	Lebar <i>Feeder</i> (50Ω)
w <sub>s</sub>	47,99	Lebar <i>Substrate</i>

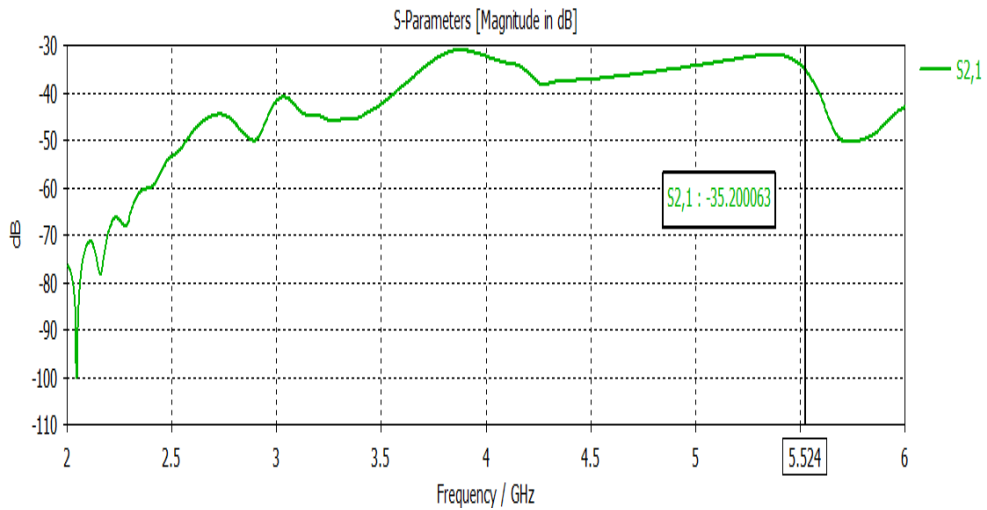
## 3. Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena

### 3.1. Hasil Simulasi Menggunakan CST

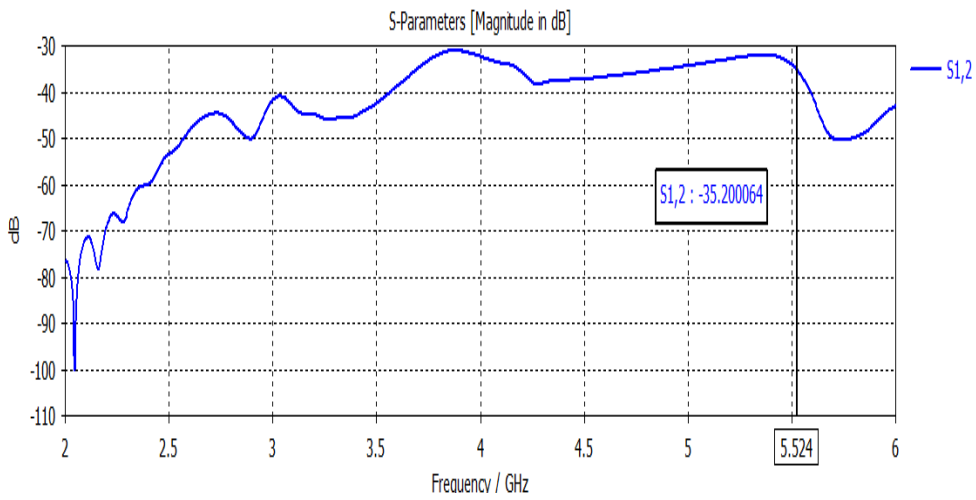
Dari hasil simulasi antena MIMO, didapatkan *return loss* S11, S12, S21, dan S22. Untuk nilai S11 dan S12 memiliki nilai dan bentuk *return loss* yang sama yaitu sebesar -46,9 dB, sedangkan untuk S12 dan S21 bernilai -35,2 dB pada frekuensi 5.5 GHz, seperti pada Gambar 5-8.



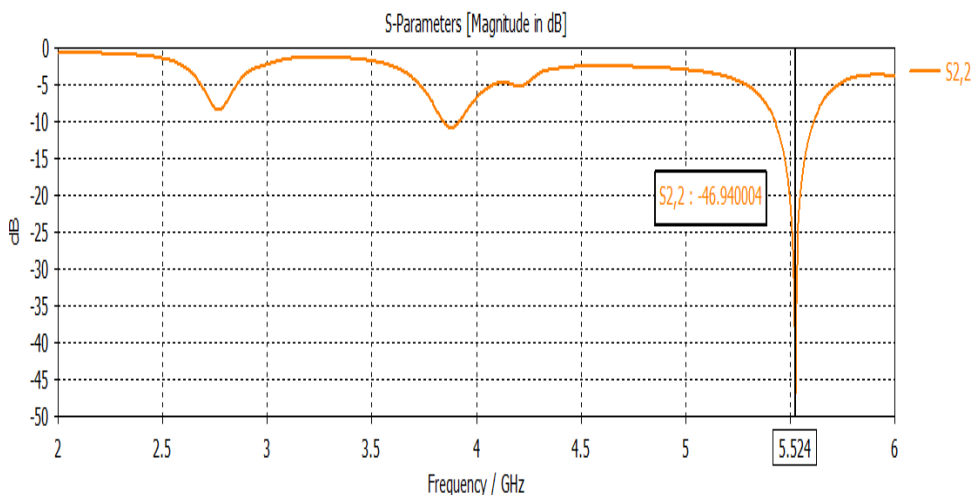
Gambar 5. S11 Hasil simulasi antena.



Gambar 6. S12 Hasil simulasi antenna.

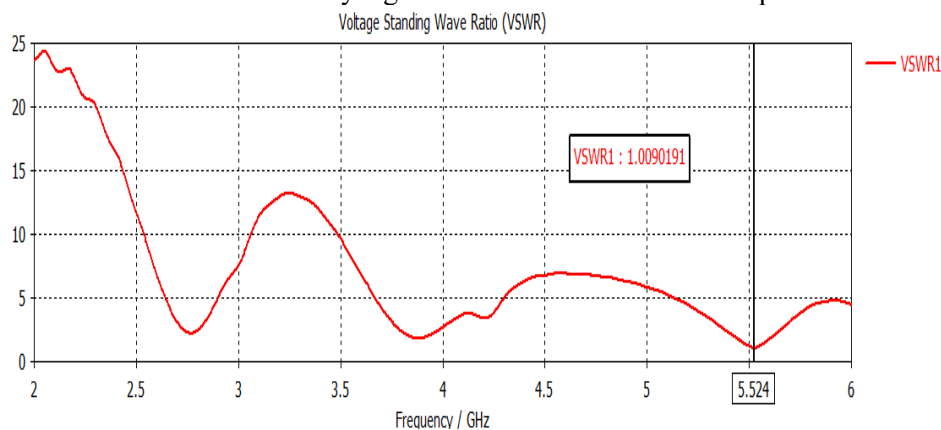


Gambar 7. S21 Hasil simulasi antenna.

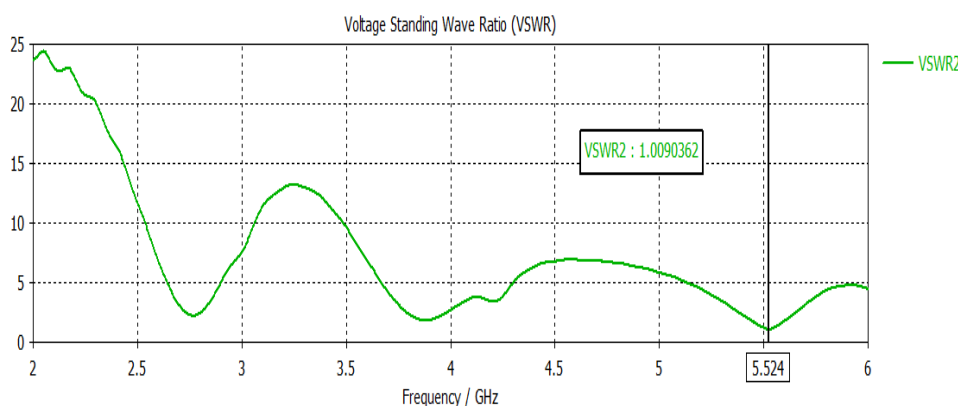


Gambar 8. S22 Hasil simulasi antenna.

Untuk hasil VSWR dari antenna yang telah disimulasi bisa dilihat seperti Gambar 9-10.



Gambar 9. VSWR 1 Hasil simulasi antenna.



Gambar 10. VSWR 2 Hasil simulasi antenna.

Dari hasil simulasi didapatkan frekuensi kerja dan parameter yang diinginkan, dengan merubah beberapa parameter seperti nilai lebar dan panjang *feeder*, *patch*, dan ukuran dari *slot* yang ditambahkan. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dilakukan optimasi dengan beberapa cara yaitu sebagai berikut:

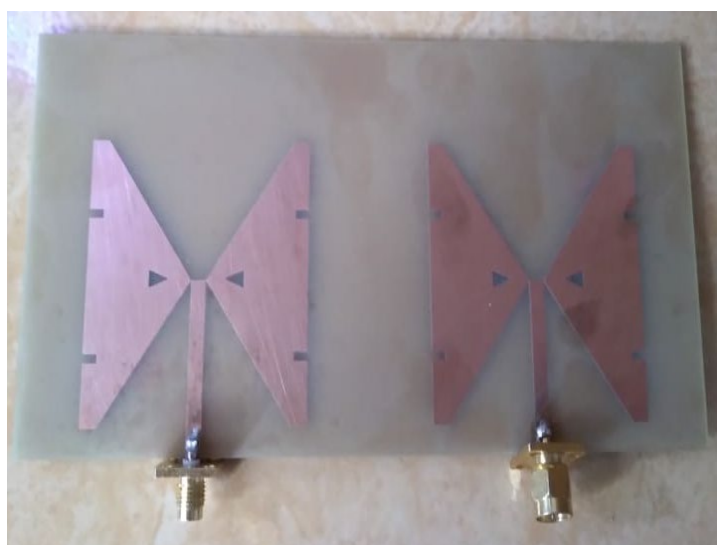
- Pada antenna tanpa slot diberikan slot, frekuensi kerja bergeser dari 2,4 GHz menjadi 5,5 GHz. Adapun nilai S-parameter tanpa slot adalah -21,254 dB dan setelah ditambah slot menjadi -44,269 dB. Sedangkan untuk *gain* dari -0,35 setelah ditambah slot menjadi 3,82. Sementara untuk *bandwidth* meningkat dari 66,1 MHz menjadi 184,4 dB. Penambahan slot menyebabkan peningkatan intensitas radiasi pada antenna sehingga *gain* bertambah.
- Setelah ditambahkan *slot* kemudian dimensi *slot* diubah dengan beberapa ukuran untuk mendapatkan hasil yang berbeda serta mendekati kepada frekuensi yang diinginkan. Pertama dengan merubah dimensi *single slot* segitiga dengan ukuran (P=10 mm, L=5 mm) dan dimensi *dual slot* segiempat (P=5 mm, L=3 mm) dengan hasil simulasi mengalami penurunan *return loss*, *bandwidth*, dan *gain*. Percobaan kedua merubah dimensi *single slot* segitiga (P=12 mm, L=7 mm) dan *dual slot* segiempat (P=7 mm, L=5 mm) dengan hasil yang didapat yaitu *return loss* menurun akan tetapi *bandwidth*, dan *gain* meningkat.
- Percobaan ke-3 yaitu merubah antenna *single* elemen menjadi antenna MIMO 2X2 *bowtie* dengan menggunakan *single slot* segitiga dan *dual slot* segiempat. Hasil simulasi yang didapatkan yaitu nilai *return loss*, *bandwidth* kembali meningkat sedangkan untuk *gain* hanya sedikit lebih rendah. Perbandingan optimasi antenna dapat dilihat pada Tabel 3. Struktur antenna *bowtie* yang dasarnya menggunakan patch *triangular* telah meningkatkan



- parameter antenna karena antenna *patch triangular* diketahui memiliki distribusi intensitas medan listrik yang lebih seragam pada *patch* sehingga hal ini memperbaiki nilai-nilai dari VSWR, *Return Loss*, maupun *gain*.
- d. Nilai *return loss* yang dihasilkan akan mempengaruhi nilai dari VSWR, semakin tinggi nilai dari *return loss* maka akan semakin baik nilai VSWR yang dihasilkan hingga mendekati nilai ideal yaitu 1. Hal ini disebabkan karena nilai koefisien refleksi ( $\Gamma$ ) yang semakin kecil sehingga nilai VSWR menurun. Hal serupa juga terjadi dengan nilai *return loss*, jika *return loss* semakin kecil maka koefisien refleksi ( $\Gamma$ ) juga semakin kecil sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan nilai pada VSWR.
  - e. Penambahan *slot* pada antenna mempengaruhi nilai frekuensi antenna serta menambah nilai *return loss* menjadi semakin tinggi dan membuat *bandwidth* menjadi semakin lebar. Akan tetapi jika menambah lebar ukuran *Slot* yang telah ditambahkan akan mempengaruhi nilai *return loss* menjadi turun serta akan mempengaruhi nilai dari VSWR, semakin besar ukuran *slot* semakin kecil nilai dari *return loss*. Jadi ukuran *slot* harus pas dan tidak terlalu besar.

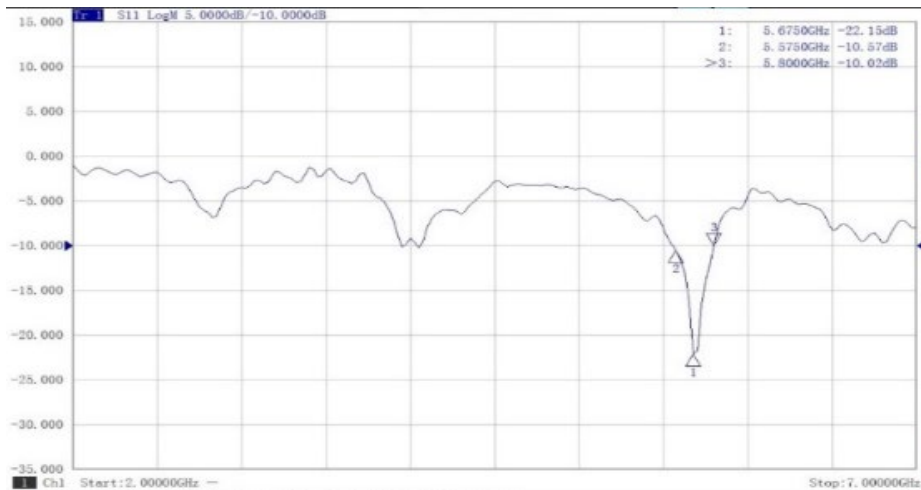
### 3.2. Hasil Pengukuran Menggunakan VNA (*vector Network Analyzer*)

Setelah melakukan simulasi didapatkan hasil antenna MIMO 2X2 dengan menggunakan *patch bowtie* serta menambah kan *dual slot* segiempat dan *single slot* segitiga dengan mendapatkan hasil simulasi seperti nilai dari frekuensi kerja, *return loss*, VSWR, *gain*, dan pola radiasi. Untuk dapat mengetahui perbandingan antenna hasil simulasi dan antenna yang sudah difabrikasi dilakukan pengukuran di lab elektro Universitas Jenderal Achmad Yani menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*).

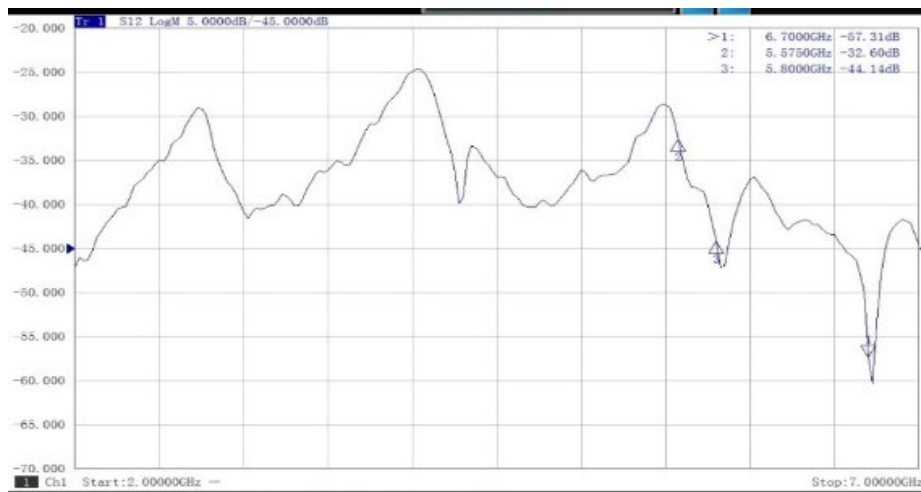


Gambar 11. Tampilan antenna MIMO 2X2 *bowtie* dari depan.

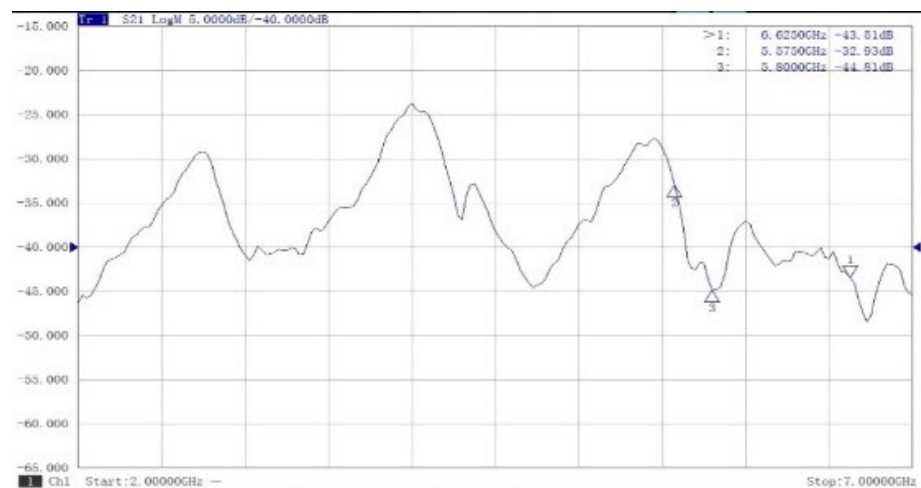
Gambar 11. merupakan antenna telah difabrikasi yang kemudian diukur menggunakan VNA (*vector network analyzer*) untuk mengetahui hasil pengukuran dari S-Parameter, karena antenna berjenis MIMO jadi didapatkan hasil *return loss* seperti  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ , dan  $S_{22}$ , VSWR 1 dan VSWR 2. Telah didapatkan nilai S-parameter ( $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ , dan  $S_{22}$ ) dari hasil pengukuran menggunakan VNA (*vector network analyzer*) pada frekuensi 2 GHz- 6 GHz yang didalamnya terdapat nilai *return loss*, *bandwidth* dan VSWR dan dapat dilihat seperti pada Gambar 12-15.



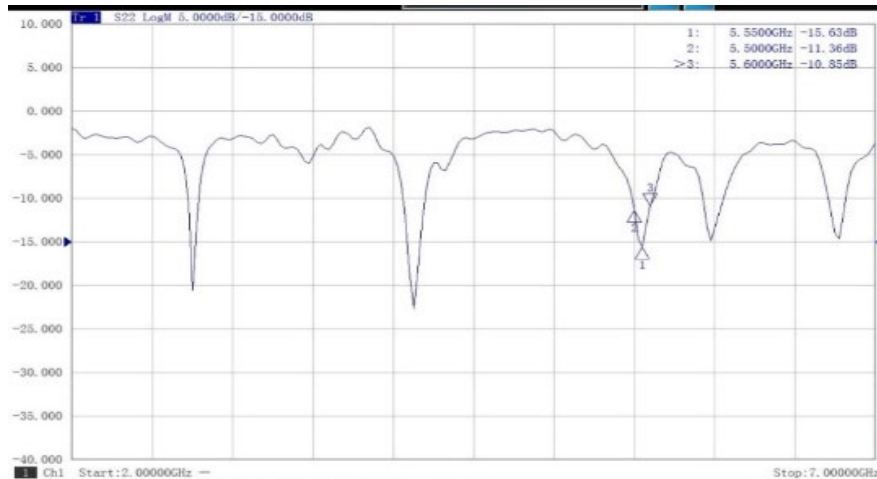
Gambar 12. S11 hasil pengukuran antenna.



Gambar 13. S12 hasil pengukuran antenna.

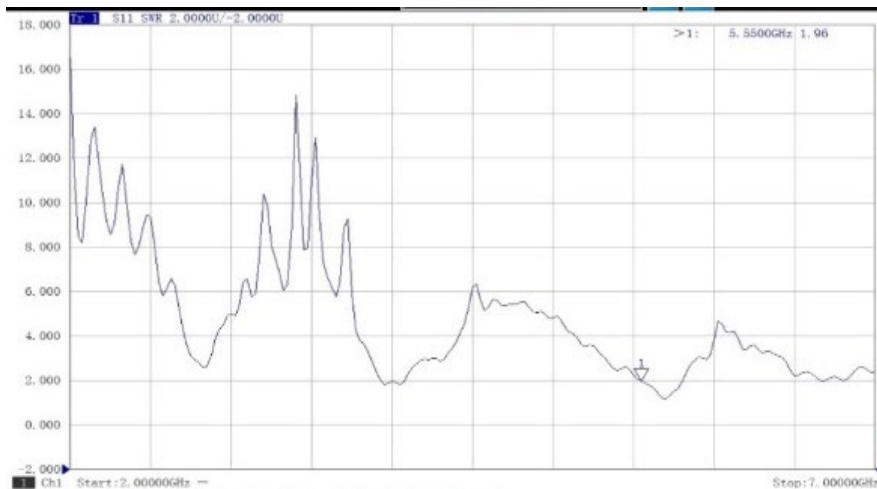


Gambar 14. S21 hasil pengukuran antenna.

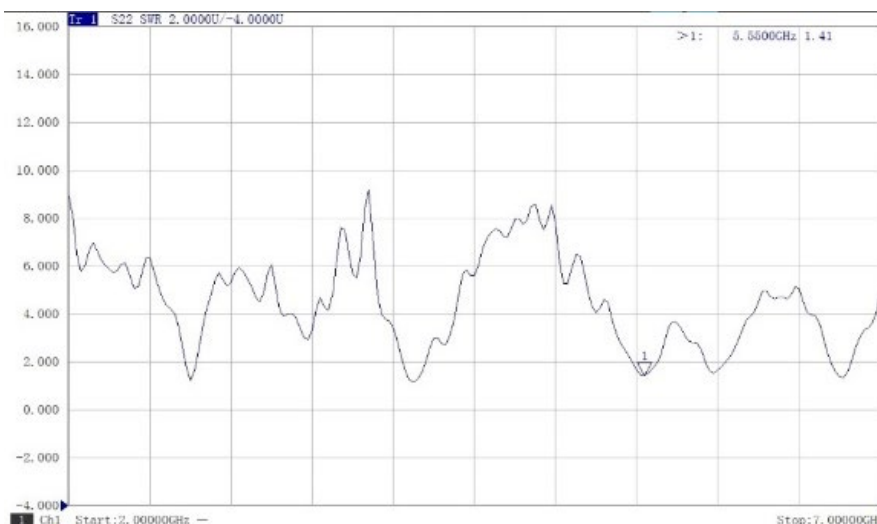


Gambar 15. S22 hasil pengukuran antenna.

Sedangkan untuk VSWR dari antenna yang difabrikasi bisa dilihat seperti Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 16. VSWR 1 hasil pengukuran antenna.



Gambar 17. VSWR 2 hasil pengukuran antenna.

Untuk dapat mengetahui perbandingan antenna hasil simulasi dan antenna yang sudah difabrikasi dilakukan pengukuran menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*) dan ada perbandingan antara antenna yang disimulasi dengan antenna yang telah difabrikasi. Hasil perbandingan dapat dilihat dari Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan antenna.

Parameter	Simulasi		Pengukuran	
	Antena 1	Antena 2	Antena 1	Antena 2
Frekuensi kerja	5150-6100 MHz	5150-6100 MHz	5750-5800 MHz	5000-6000 MHz
Frekuensi tengah	5524 MHz	5524 MHz	5673 MHz	5500 MHz
Return loss	-46,954	-46,940	-22,32	-15,63
Insertion loss	-35,2	-35,2	-43,5	-43,5
bandwidth	192,2	192,0	50	100
Gain	3,11	3,11	-	-
VSWR	1,00	1,00	1,96	1,41

Dari hasil pengukuran menggunakan VNA bisa dibandingkan hasil *return loss* dari antenna yang difabrikasi yaitu sebesar -22,32 dB pada frekuensi 5575 MHz untuk antenna 1, dan untuk antenna 2 *return loss* bernilai -15,63 dB difrekuensi 5500 MHz sedangkan lebar *bandwidth* lebih kecil dari hasil simulasi yaitu 50 MHz untuk antenna 1 dan 100 MHz untuk antenna 2. Nilai *insertion loss* kedua antenna dari hasil pengukuran nilai S21 yaitu sebesar -43,5 dB. Untuk nilai VSWR dari antenna yang diukur memiliki perbedaan nilai untuk VSWR 1 yaitu sebesar 1,96 dan VSWR 2 sebesar 1,41. Hasil dari simulasi nilai *return loss* memiliki nilai yang sama yaitu sebesar -46,9 dB, untuk antenna 1 dan 2 nilai *insertion loss* yaitu sebesar -35,2 dB. Lebar *bandwidth* hasil simulasi dari kedua antenna lebih baik yakni sebesar 192,2 MHz, nilai VSWR antenna 1 dan antenna 2 memiliki nilai yang sama yaitu 1,00 serta memiliki nilai *gain* yang sama yakni sebesar 3,11 dBi. Jadi telah diketahui hasil pengukuran dan hasil simulasi tidak sama persis nilai dari *return loss*, *bandwidth*, dan VSWR dikarenakan adanya perubahan dimensi dan permetivitas bahan antenna yang difabrikasi yang menyebabkan ketidaksamaan nilai parameter dari hasil pengukuran dan simulasi. Adapun nilai *gain* dan pola radiasi dari antenna yang telah difabrikasi tidak dapat diketahui karena keterbatasan alat ukur.

#### 4. Kesimpulan

Penggunaan slot pada patch bowtie telah berhasil menggeser frekuensi kerja antenna dari 2.36 menjadi 5.52 GHz yang diperoleh menggunakan metoda uji coba simulasi. Selain itu penggunaan slot juga menaikkan nilai dari parameter VSWR, S11, gain, dan *bandwidth* Antena. Hasil dari pengukuran antenna MIMO dapat dilihat terjadi perbedaan dari parameter antenna 1 dan 2. Hal ini dianalisa adanya ketidaksamaan ukuran dari antenna 1 dan antenna 2, Adapun hasil dari pengukuran didapatkan nilai *return loss* dari antenna 1 yaitu sebesar -22,32 dB, -15,63 dB untuk antenna 2, sedangkan untuk *insertion loss* antenna 1 dan 2 memiliki nilai yang sama yaitu -43,5 dB dan untuk lebar *bandwidth* memiliki perbedaan nilai yaitu 50 MHz untuk antenna 1 dan 100 MHz untuk antenna 2. Kemudian untuk nilai VSWR 1 didapatkan nilai sebesar 1,96, VSWR 2 sebesar 1,41.

#### Referensi

- [1] Fajar W A, Nachwan M A., Budi S. "Analisis Simulasi Antena MIMO 4 4 Susunan Persegi dan Sirkular pada Frekuensi 15 GHz". *Universitas Gajah Mada*.2018.
- [2] Kevin A.S. , Levy O N. , Budi S." Perancangan Antena MIMO 2x2 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Aplikasi 5G". *JNTETI*.2017.
- [3] Asri W, Riski M F, Fadli K, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Mimo 2x2 Untuk Aplikasi Wifi 802.11n Di Frekuensi 2,4 Ghz". *POLITEKNOLOGI*.2017

- [4] A. W. R. M. F. F. Kurniawan, rancang bangun antenna mikrostrip mio 2x2 untuk aplikasi wifi 802.11n dan di frekuensi 2,4 GHz, *e-Proceeding of Engineering*.2017.
- [5] Mustofa, A. Z. Analisis pengaruh penggunaan antenna jamak MIMO 2x2, SIMO 1x2 dan SISIO 1x1 terhadap performansi OFDMA pada teknologi Radio Ove Fiber. *Universitas Brawijaya*.2015
- [6] M. M. Lumembang, A. B.“Analisa karakteristik antenna mikrostrip slot bowtie pada frekuensi 2,4 GHz. *Universitas Hasanuddin*.2015
- [7] Rafelly Jhon, A. A.. Ra“Perancangan dan realisasi antenna mikrostrip MIMO bowtie 4X4 pada frekuensi 1,8 GHz untuk aplikasi LTE. *e-Proceeding of Engineering*.2016.
- [8] Widiyanto, B. “Perancangan dan realisasi antenna MIMO berbasis mikrostrip pada frekuensi 2,6 GHz umtuk aplikasi LTE”. *Telkom University*.2012.
- [9] Levy O N, M F H, Bambang S N, “pengembangan Antena Fleksibel Mikrostrip Bowtie”, *TELKA*,2019
- [10] M. K. A. Rahim. Et al, “Bow-tie Microstrip Antenna Design”. *Wireless communication centre, faculty of electrical engineering. University Teknologi Malaysia*, 2015.