

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini membahas mengenai simulasi dari desain antenna mikrostrip bentuk *patch rectangular* menggunakan metode *double U-slot* dengan pemodelan MIMO 2x2. Diperlukan beberapa langkah untuk membuat desain antenna pada penelitian ini. Dimulai dari menentukan spesifikasi antenna, menghitung dimensi antenna dan merancang antenna sesuai dengan hasil perhitungan serta metode yang telah ditentukan. Pada desain awal antenna masih belum ada penambahan metode *double U-slot*. Setelah itu dilakukan penambahan metode *double U-slot* pada *patch* untuk meningkatkan *bandwidth* dan *gain*. Dilakukan perbandingan antara desain antenna sebelum dan setelah menggunakan metode *double U-slot*.

Hasil dari simulasi antenna diharapkan memiliki kesesuaian nilai parameter dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Desain antenna dibuat dan disimulasikan menggunakan *software Ansoft HFSS 13.0*. dengan tujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari antenna mikrostrip *patch rectangular* dengan pemodelan MIMO 2x2 sebelum dan setelah menggunakan metode *double U-slot* berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Desain antenna pada awalnya masih belum memiliki hasil parameter yang sesuai dengan spesifikasi, sehingga diperlukan proses optimasi untuk mendapatkan hasil parameter dan kinerja sesuai dengan spesifikasi. Setelah itu, hasil parameter antenna ditampilkan menggunakan *software MATLAB* versi 15.0. dengan tujuan untuk mempermudah penampilan data pada desain antenna dengan dimensi yang berbeda-beda.

#### **3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN**

Berikut merupakan alat yang digunakan dalam penelitian. Alat tersebut berupa *hardware* dan *software* yang dapat mendukung dalam penelitian penjelasannya adalah sebagai berikut:

##### **3.1.1 Hardware (Laptop)**

Dalam penelitian ini digunakan sebuah laptop untuk melakukan simulasi dengan spesifikasi:

1. *Intel Core i5-8350U*
2. *Windows 10 (64-Bit)*

3. RAM 8 GB

4. *Memory* SSD 500 GB

### **3.1.2 Software Ansoft HFSS Versi 13.0**

*Software* Ansoft HFSS adalah simulator medan elektromagnetik gelombang penuh (EM) berkinerja tinggi untuk pemodelan perangkat pasif volumetrik 3D *arbitrer* yang memanfaatkan antarmuka pengguna grafis *Microsoft Windows* yang sudah dikenal. Ini mengintegrasikan simulasi, visualisasi, pemodelan solid, dan otomatisasi dalam lingkungan yang mudah dipelajari di mana solusi untuk masalah EM 3D diperoleh dengan cepat dan akurat. Ansoft HFSS menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM), penyambungan adaptif, dan grafik brilian untuk memberi Anda kinerja dan wawasan yang tak tertandingi untuk semua masalah 3D EM Anda. Ansoft HFSS dapat digunakan untuk menghitung parameter seperti *SParameters*, *Resonant Frequency*, dan *Fields* [26].

### **3.1.3 Software MATLAB Versi 15.0**

Nama MATLAB adalah singkatan dari *MATrix LABORatory*. MATLAB awalnya ditulis untuk menyediakan akses mudah ke perangkat lunak matriks yang dikembangkan oleh proyek *LINPACK* (paket sistem linier) dan *EISPACK* (paket sistem Eigen). MATLAB adalah bahasa kinerja tinggi untuk komputasi teknis. Ini mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan lingkungan pemrograman. Selain itu, MATLAB adalah lingkungan bahasa pemrograman modern: ia memiliki struktur data yang canggih, berisi alat pengeditan dan *debugging* bawaan, dan mendukung pemrograman berorientasi objek.

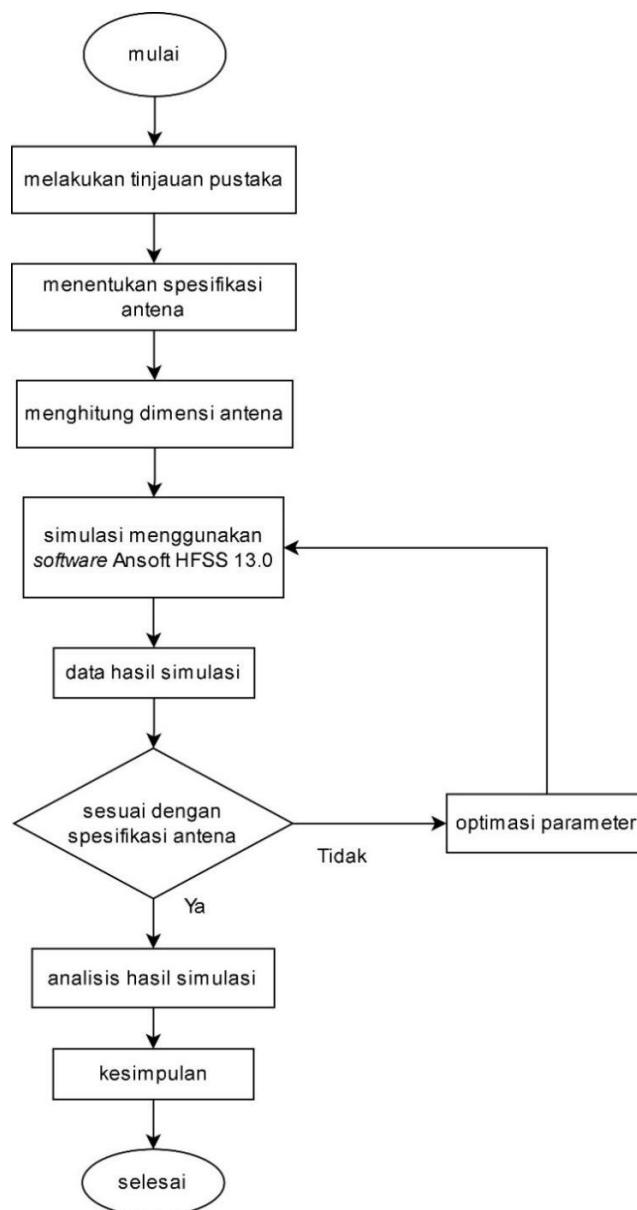
Faktor-faktor ini menjadikan MATLAB alat yang sangat baik untuk pengajaran dan penelitian. MATLAB memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan bahasa komputer konvensional (mis., C, FORTRAN) untuk menyelesaikan persoalan teknis. MATLAB adalah sistem interaktif yang elemen data dasarnya adalah *array* yang tidak memerlukan dimensi. Paket perangkat lunak telah tersedia secara komersial sejak tahun 1984 dan sekarang dianggap sebagai alat standar di sebagian besar universitas dan industri di seluruh dunia [27].

## **3.2 ALUR PENELITIAN**

Penelitian ini diawali dengan melakukan tinjauan pustaka yang menjadi dasar untuk menentukan spesifikasi antena, spesifikasi parameter dan jenis metode yang

digunakan. Spesifikasi antenna meliputi penentuan bahan substrat antenna sedangkan spesifikasi parameter meliputi parameter kerja dari antenna seperti *return loss*, *VSWR*, *gain* dan lainnya.

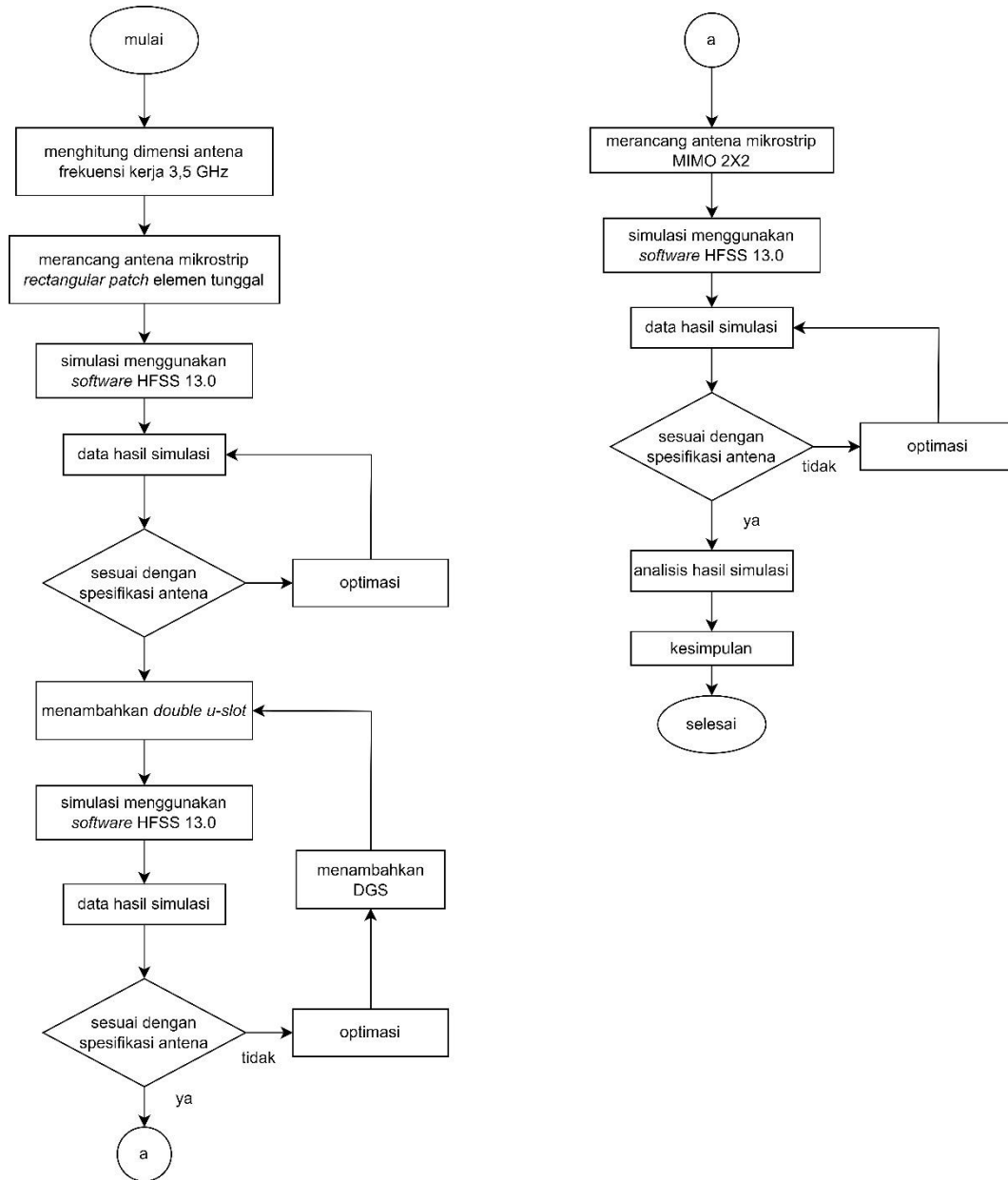
Setelah itu dilakukan proses pencarian nilai dari dimensi antenna menggunakan rumus antenna *patch rectangular*. Dilanjutkan dengan pembuatan desain dan simulasi antenna menggunakan *software Ansoft HFSS 13.0*. Jika hasil simulasi sudah sesuai dengan parameter yang telah ditentukan maka akan dilakukan analisis dan penarikan kesimpulan. Jika masih belum sesuai maka diperlukan optimasi hingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.



**Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.**

### 3.3 RANCANGAN SISTEM

Perancangan antenna mikrostrip *rectangular* MIMO 2X2 dengan metode *double U-slot* dilakukan dalam beberapa tahapan yang diuraikan dalam diagram alir perancangan yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram alir perancangan.

#### 3.3.1 Spesifikasi Parameter

Desain antenna pada penelitian ini dapat diaplikasikan pada teknologi 5G. Spesifikasi parameter rentang frekuensi antenna berada di frekuensi 3,30 GHz – 3,80 GHz dengan frekuensi tengah 3,5 GHz. *Return loss* memiliki batasan  $\leq -10$  dB, *gain*

$\geq 3$  dB. Untuk spesifikasi parameter antenna secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.1

**Tabel 3. 1 Spesifikasi parameter antenna**

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi tengah	3,5 GHz
Frekuensi kerja	3,45 GHz – 3,55 GHz
<i>Return loss</i>	$\leq -10$ dB
VSWR	$\leq 2$
<i>Bandwidth</i>	$\geq 100$ MHz
<i>Gain</i>	$\geq 3$ dB
Pola radiasi	<i>unidirectional</i>
<i>Mutual coupling</i>	$\leq -20$ dB
Impedansi masukan	50 $\Omega$

### 3.3.2 Spesifikasi Material

Terdapat dua bahan yang digunakan untuk membuat desain antenna pada penelitian ini. Bahan *copper* (tembaga) digunakan untuk bagian *patch*, *ground plane* dan *feeding line*. Bahan FR4 digunakan sebagai substrat yang terletak diantara *patch* dan *ground plane*. Spesifikasi dari bahan antenna tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3. 2 Spesifikasi material antenna**

Material	Spesifikasi		
	Permitivitas <i>Relative</i>	Ketebalan (h)	<i>Dielectric Loss Tangent (tan)</i>
<i>Copper</i> (tembaga)	1	0,035 mm	-
<i>FR4</i>	4,4	1,6 mm	0,02

### 3.3.3 Spesifikasi Dimensi

Untuk membuat desain antenna perlu diketahui ukuran antenna dengan menentukan dimensi antenna. Dengan menggunakan rumus antenna mikrostrip *rectangular* maka akan diketahui nilai dimensi antenna. Dimensi antenna yang diperlukan diantaranya *patch*, *ground plane*, substrat dan saluran pencatu. Selain itu diperlukan rumus untuk menentukan dimensi dari *double U-slot*. Pada penelitian ini membahas mengenai antenna mikrostrip *patch rectangular* MIMO 2x2 dengan metode *double U-slot* di frekuensi 3,5 GHz, dengan perhitungan dimensi sebagai berikut:

1. Perhitungan lebar *patch* ( $W_p$ )

Lebar *patch* dihitung menggunakan persamaan (2.1)

$$W_p = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 3,5 \times 10^9} \sqrt{\frac{2}{4,4+1}}$$

$$W_p = 0,026082 \text{ m}$$

$$W_p = 26,082 \text{ mm}$$

2. Perhitungan panjang *patch*

Panjang *patch* dihitung menggunakan persamaan (2.2), (2.3), dan (2.4)

a. Nilai konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_{eff}$ ):

$$\epsilon_{eff} = \frac{4,4+1}{2} + \frac{4,4-1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1+12\left(\frac{1,6}{26,082}\right)}} \right)$$

$$\epsilon_{eff} = 3,99$$

b. Efek medan tepi pada *patch* ( $\Delta L$ ):

$$\Delta L = 0,412 (1,6) \frac{(3,99+0,3)\left(\frac{26,082}{1,6}+0,264\right)}{(3,99-0,258)\left(\frac{26,082}{1,6}+0,8\right)}$$

$$\Delta L = 0,645$$

c. Panjang efektif antena ( $L_{eff}$ ):

$$L_{eff} = \frac{3 \times 10^8}{2(3,5 \times 10^9)\sqrt{3,99}}$$

$$L_{eff} = 0,021455 \text{ m}$$

$$L_{eff} = 21,455 \text{ mm}$$

d. Panjang *Patch* ( $L_p$ ):

$$L_p = 21,455 - 2(0,645)$$

$$L_p = 20,165 \text{ mm}$$

3. Perhitungan lebar substrat dan *ground plane*

Perhitungan lebar substrat dan *ground plane* dihitung menggunakan persamaan (2.5)

$$W_s = W_g = 6(1,6) + (26,082)$$

$$W_s = W_g \geq 35,682 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan tersebut merupakan lebar minimum substrat dan *ground*.

4. Perhitungan panjang substrat dan *ground plane*

Panjang substrat dan *ground plane* dihitung menggunakan persamaan (2.6)

$$L_s = L_g = 6(1,6) + (20,165)$$

$$L_s = L_g \geq 29,765 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan tersebut merupakan panjang minimum substrat dan *ground*.

5. Perhitungan panjang dan lebar saluran pencatu

Nilai dari panjang saluran ( $L_f$ ) pencatu dihitung menggunakan persamaan

(2.14) dan (2.16)

$$\lambda_g = \frac{3 \times 10^8}{(3,5 \times 10^9) \sqrt{4,4}} = 40,863 \text{ mm}$$

$$L_f = \frac{40,863}{4} = 10,216 \text{ mm}$$

Nilai dari lebar saluran pencatu ( $W_f$ ) dihitung menggunakan persamaan (2.15)

dan (2.16). Dengan nilai impedansi masukan ( $Z_0$ ) sebesar 50 ohm.

$$B = \frac{377(3,14)}{2(50)\sqrt{4,4}}$$

$$B = 5,643$$

Sehingga perhitungan  $W_f$  menjadi:

$$W_f = \frac{2(1,6)}{3,14} \left[ \frac{5,643 - 1 - \ln(2(5,643) - 1) +}{2(4,4)} \left( \ln(5,643 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right) \right]$$

$$W_f = 3,059 \text{ mm}$$

6. Perhitungan dimensi *double U-slot*

Perhitungan dimensi dari metode *double U-slot* menggunakan persamaan (2.17), (2.18) dan (2.19):

$$F = \frac{3 \times 10^8}{(3,5 \times 10^9) \times 60}$$

$$F = 1,429 \text{ mm}$$

$$C \geq 0,3(26,082)$$

$$C \geq 7,825 \text{ mm}$$

$$D = \frac{3 \times 10^8}{(3,5 \times 10^9) \sqrt{3,99}} - 2(20,165 + 0,645 - 1,429)$$

$$D = 4,149 \text{ mm}$$

Perhitungan *U-slot* kedua digunakan persamaan (2.20):

$$F_2 = \frac{1,429}{2} = 0,715 \text{ mm}$$

$$C_2 = \frac{7,825}{2} = 3,913 \text{ mm}$$

$$D_2 = \frac{4,149}{2} = 2,21 \text{ mm}$$

7. Perhitungan jarak antar elemen

Untuk mengetahui jarak antar elemen digunakan persamaan (2.13)

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{3,5 \times 10^9}$$

$$\lambda = 0,085714 \text{ m}$$

$$\lambda = 85,714 \text{ mm}$$

Sehingga, nilai d adalah

$$d = \frac{85,714}{2}$$

$$d = 42,857 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil spesifikasi antenna seperti yang dapat terlihat pada Tabel 3.3

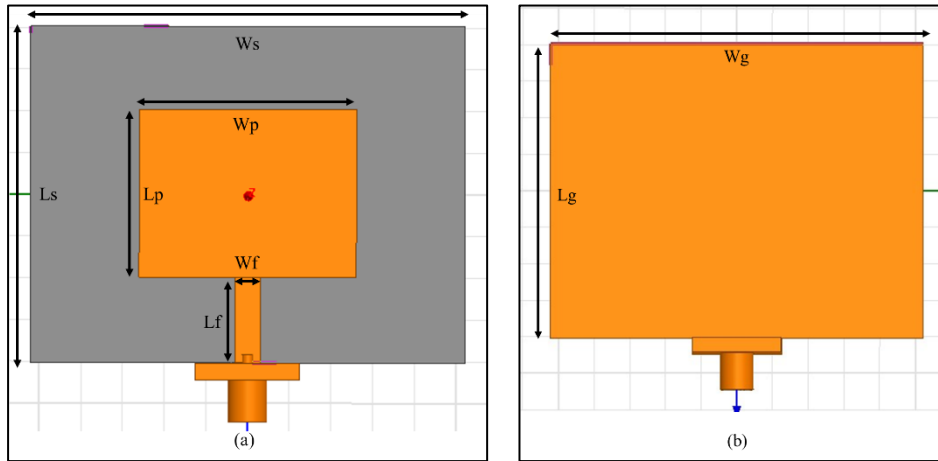
**Tabel 3. 3 Spesifikasi dimensi antenna**

<b>Komponen</b>	<b>Simbol komponen</b>	<b>Dimensi (mm)</b>
Lebar <i>patch</i>	Wp	26,082
Panjang <i>patch</i>	Lp	20,165
Tebal <i>patch</i>	hp	0,035
Lebar <i>strip line</i>	Wf	3,059
Panjang <i>strip line</i>	Lf	10,216
Lebar <i>substrate</i>	Ws	35,682
Panjang <i>substrate</i>	Ls	29,765
Tebal <i>substrate</i>	hs	1,6
Jarak antar elemen	d	42,857
<b>Bagian U-slot</b>		
Lebar slot	F	1,429
Panjang slot vertikal	C	7,825
Panjang slot horizontal	D	4,149
Lebar slot 2	F <sub>2</sub>	0,715
Panjang slot vertikal 2	C <sub>2</sub>	3,913
Panjang slot horizontal 2	D <sub>2</sub>	2,21



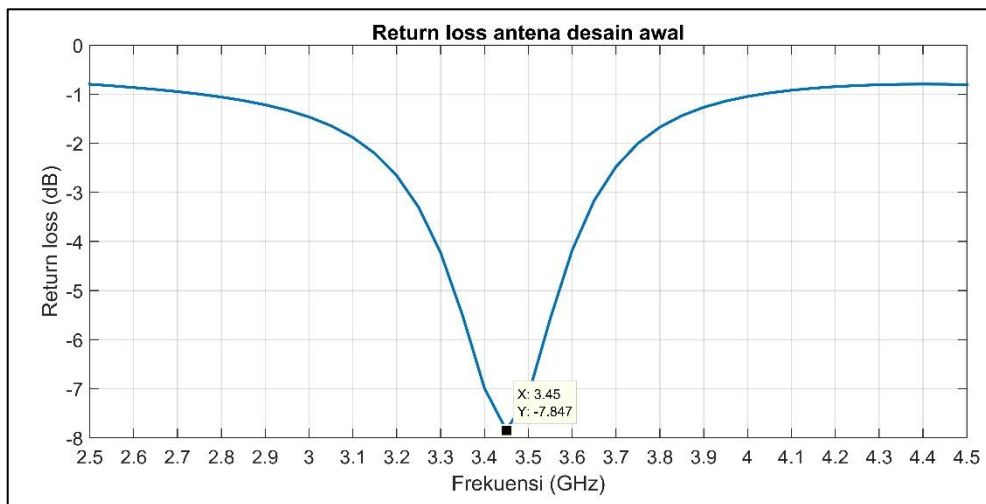
### 3.4 DESAIN DAN HASIL PARAMETER ANTENA DESAIN AWAL

Desain awal antenna *single patch* dapat dilihat pada Gambar 3.3. Pada bagian depan antenna di Gambar 3.3 (a), terdapat komponen antenna yang terdiri dari *patch*, *stripline* dan *substrate*.



**Gambar 3. 3** Desain antenna *single patch* desain awal (a) depan (b) belakang.

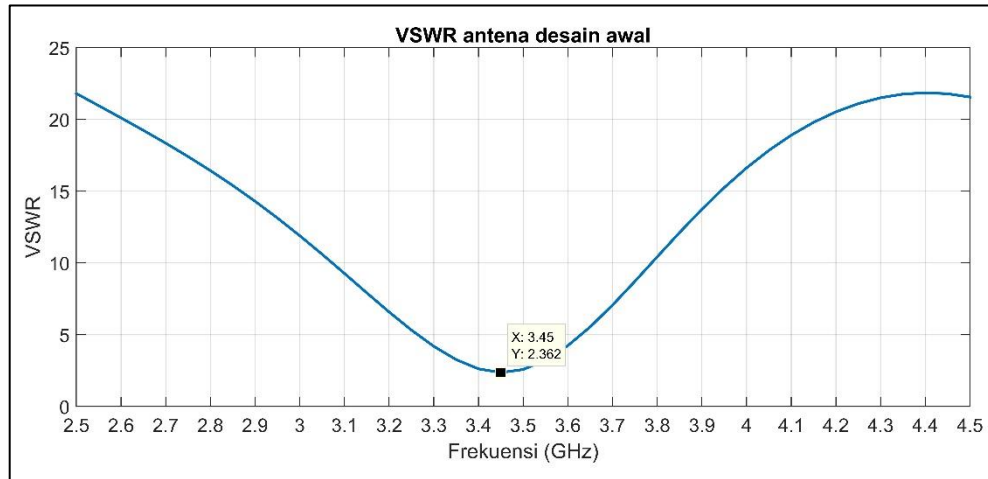
Keterangan  $W_p$  sebagai lebar *patch*,  $L_p$  sebagai panjang *patch*,  $W_f$  sebagai lebar *stripline*,  $L_f$  sebagai panjang *stripline*,  $W_s$  sebagai lebar *substrate* dan  $L_s$  sebagai panjang *substrate*. Pada bagian belakang antenna di Gambar 3.3 (b), terdapat komponen *ground* dengan keterangan  $W_g$  sebagai lebar *ground* dan  $L_g$  sebagai panjang *ground*.



**Gambar 3. 4** Parameter *return loss* antenna *single patch* desain awal.

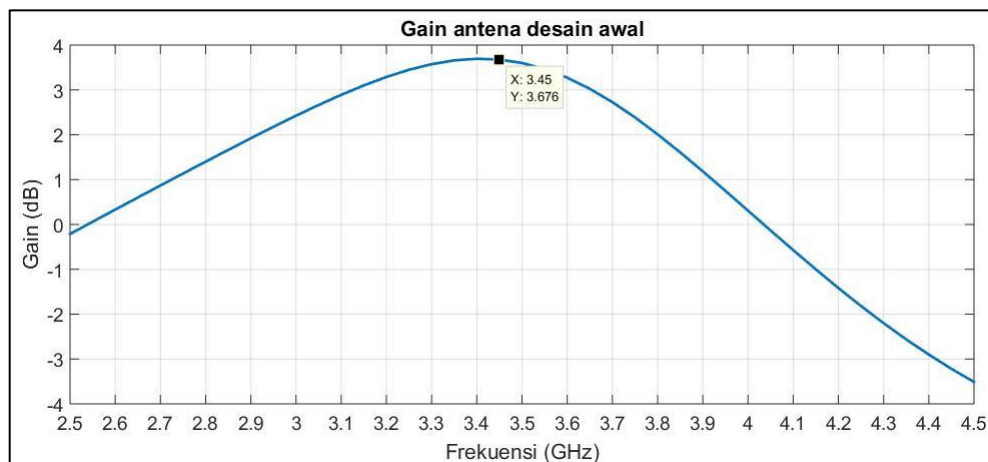
Setelah dilakukan *running* pada antenna *single patch* desain awal, didapatkan hasil parameter *return loss*, *VSWR* dan *gain*. Pada Gambar 3.4 dapat dilihat parameter *return loss* dengan nilai terendah sebesar -7,847 dB pada 3,45 GHz.

Berdasarkan spesifikasi nilai *return loss* tersebut masih belum dapat terpenuhi. Dikarenakan nilai *return loss* masih belum memenuhi spesifikasi maka nilai juga *bandwidth* masih belum dapat diketahui.



**Gambar 3. 5 Parameter VSWR antenna *single patch* desain awal.**

Hasil parameter VSWR antenna *single patch* desain awal dapat dilihat pada Gambar 3.5 dengan nilai terendah 2,362 pada frekuensi 3,45 GHz. Nilai VSWR tersebut masih belum memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.



**Gambar 3. 6 Parameter *gain* antenna *single patch* desain awal.**

Parameter *gain* antenna *single patch* desain awal dapat dilihat pada Gambar 3.6, dengan nilai 3,676 dB pada frekuensi 3,45 GHz. Pada parameter *gain* nilai tersebut sudah memenuhi spesifikasi antenna.

Dari ketiga parameter yaitu, *return loss*, VSWR dan *gain*. Parameter *return loss* dan VSWR masih belum dapat memenuhi spesifikasi sehingga perlu dilakukan optimasi pada desain antenna awal.