

## **BAB III**

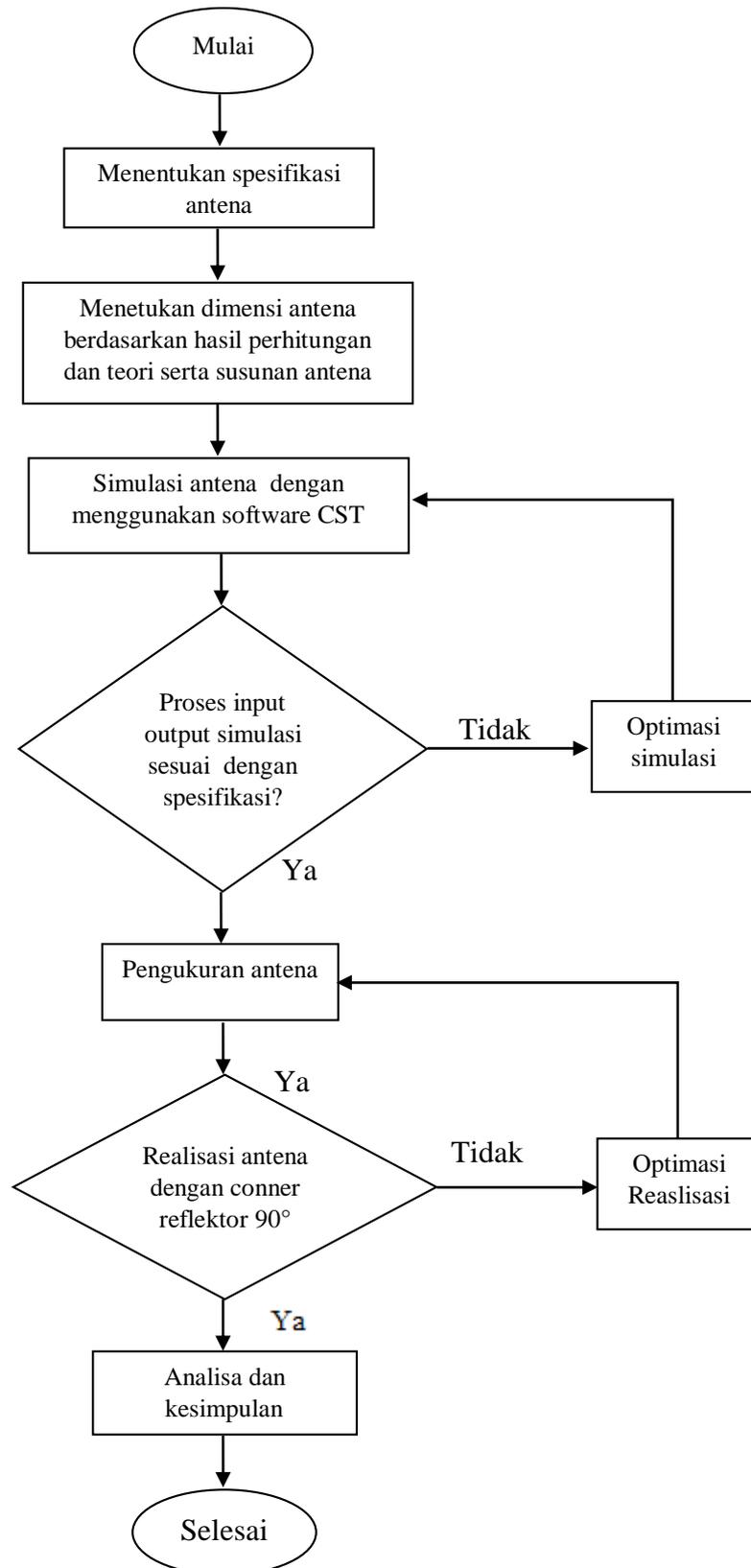
### **PERANCANGAN, SIMULASI DAN REALISASI**

#### **3.1 Pendahuluan**

Untuk memudahkan proses perancangan dan realisasi antenna mikrostrip mimo bowtie 4x4 dalam tugas akhir ini, maka dilakukan tahap-tahap agar perancangan dan realisasi antenna terstruktur. Pertama adalah menentukan spesifikasi dari antenna yang dirancang. Kedua adalah melakukan perhitungan untuk menentukan ukuran dimensi antenna mikrostrip yang dirancang. Ketiga adalah mensimulasikan hasil perhitungan pada *software* CST Microwave Studio Suite 2018. Keempat adalah merealisasikan hasil simulasi, dan yang kelima adalah melakukan pengukuran antenna yang telah direalisasikan.

#### **3.2 Diagram Alir Perancangan Antena**

Pada bagian rencana perancangan ini disusun untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai proses pembuatan dan gambaran tentang alat yang akan dirancang. Dalam proses perancangan dapat digunakan alir pengerjaan dalam diagram alir perancangan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir

### 3.3 Perancangan Antena

Setelah dilakukan studi literatur dan memahami dasar teori dari antena mikrostrip mimo bowtie yang akan direalisasikan maka tahap selanjutnya adalah tahap perancangan. Perancangan ini meliputi beberapa tahapan sebagai berikut :

#### 3.3.1 Spesifikasi Antena

Adapun spesifikasi antena dalam perancangan dan realisasi antena mikrostrip mimo bowtie 4x4 untuk aplikasi LTE ditentukan sebagai batasan masalah dan realisasi antena. Spesifikasi antena yang dibuat sebagai berikut:

- a. Frekuensi Kerja : 1,8 GHz
- b. Impedansi :  $50\Omega$  *unbalance*
- c. VSWR :  $\leq 2$
- d. Pola radiasi : Omnidirectional
- e. Return loss :  $< -20$  dB
- f. Polarisasi : Linier
- g. Gain :  $> 3$  dBi

Dari poin diatas, mengenai pemilihan spesifikasi tentunya ada alasan-alasan pemilihan spesifikasi tersebut. Penentuan spesifikasi diatas dikarenakan antena yang akan dirancang dan disimulasikan merupakan antena untuk mendukung teknologi LTE dan layak direalisasikan. Frekuensi kerja antena dipilih 1.8 Ghz merupakan salah satu frekuensi yang dipakai operator untuk jaringan LTE. Impedansi antena yang dirancang adalah  $50\Omega$ , hal ini dikarenakan saat pengukuran menggunakan konektor SMA female yang memiliki nilai terminasi  $50\Omega$ .

Nilai VSWR yang dipilih adalah  $\leq 2$  (kurang dari 2), dan diharapkan mendekati nilai 1. Nilai Return Loss yang dipilih adalah  $< -20$  dB. Parameter Return Loss dan VSWR saling berhubungan, jika tidak akan mengalami interferensi dari gelombang pantul yang dihasilkan peradiasinya. Gain  $\geq 3$  dBi merupakan minimal performansi yang dibutuhkan untuk beroperasi sebagai antena pada mini BTS.

Pemilihan substrat dalam proses perancangan ini sangat penting karena substrat pada antena mikrostrip dapat mempengaruhi besarnya bandwidth antena. Semakin tebal substrat yang digunakan maka bandwidth yang dihasilkan semakin lebar, dan sebaliknya. Dalam substrat juga terdapat suatu tetapan konstanta dielektrik, dimana konstanta dielektrik mempengaruhi efisiensi dari suatu antena. Konstanta dielektrik itu sendiri juga mempengaruhi ukuran dimensi dari antena yang dirancang. Semakin tinggi nilai konstanta dielektrik maka semakin kecil ukuran dimensi antena yang dirancang, dan sebaliknya

Tabel 3.1 Nilai Konstanta Dielektrik ( $\epsilon_r$ )

Jenis Bahan (Material)	Konstanta Dielektrik
Alumina	9,8
Ferrite	9 - 16
Epoxy FR 4	4,3
RT/Duroid 5880	2,2 – 10,8
Polistirena	2,4 – 2,7
Teflon	2,1
Silicon	11,9

Bahan yang akan digunakan pada perancangan antenna adalah bahan substrat berjenis FR-4 epoxy dengan nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) sebesar 4,3.

Tabel 3.2 Spesifikasi FR-4

Frekuensi kerja ( $f_r$ )	1,8 GHz
Kecepatan cahaya (c)	$3 \times 10^8$ m/s
Konstanta dielektrik substrat ( $\epsilon_r$ )	4,3
Loss tangent substrat ( $\tan \delta$ )	0,02
Ketebalan substrat (h)	1,6 mm
Ketebalan konduktor	0,035 mm
Impedansi input ( $Z_{in}$ )	50 Ohm

### 3.3.2 Teknik Pencatuan Antena

Teknik pencatuan antenna ini menggunakan *microstrip line (direct feed)* dimana pencatuaan yang dilakukan dengan cara menghubungkan line pencatuan dengan patch secara langsung pada substrat yang sama. Setiap elemen (antena) disusun terhubung ke saluran transmisi.

### 3.4 Penentuan Dimensi Antena

Dalam perhitungan dimensi atau ukuran antenna yang dirancang sangat dipengaruhi oleh frekuensi kerja. Dalam antenna yang dirancang pada tugas akhir ini frekuensi kerja yang diinginkan yaitu 1,8 GHz. Semakin tinggi frekuensi maka dimensinya akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Dimulai dari perhitungan

dimensi ukuran antenna, patch, substrat, groundplane, dan ukuran saluran transmisi.

Pengukuran dihitung menggunakan rumus secara teoritis seperti di bawah ini :

### 3.4.1 Dimensi Patch Antena

- Panjang sisi efektif  $a_{eff}$  dengan rumus persamaan (2.7), (2.8) :

$$a = \frac{2 \times 3 \times 10^8}{2 \times 1800 \times 10^6 \sqrt{4,3}} = 0,07695 \text{ m}$$

$$a_{eff} = 0,07695 + \frac{1,6 \times 10^{-3}}{\sqrt{4,3}} = 0,07772 \text{ m}$$

Maka didapat hasil dari  $0,07772 \text{ m} = 77,72 \text{ mm}$ .

- Kemudian dengan menggunakan persamaan cos dan sin dengan nilai  $\theta =$

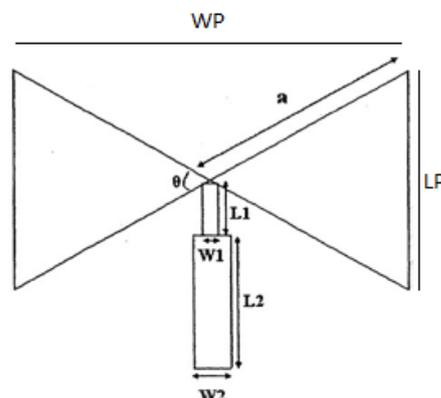
$80^\circ$  :

$$LP = 2 \times \sin 80^\circ \times 77,72 = 99,914 \text{ mm}$$

$$WP = 2 \times \cos 80^\circ \times 77,72 = 119,074 \text{ mm}$$

- Maka didapat hasil Panjang Patch (LP) 100 mm dan Lebar Patch (WP)

119 mm.



Gambar 3.2 Patch Bowtie

### 3.4.2 Dimensi Saluran Antena (*Feed*)

Panjang saluran atau *feed* ( $L$ ), Lebar saluran atau *feed* ( $W$ ). Dengan menggunakan bahan FR-4 epoxy maka ketebalan substrat yaitu 1,6 mm, karena sudah ditetapkan pabrikasi. Menggunakan persamaan rumus (2.9), (2.10), (2.11) :

$$\epsilon_{eff} = \frac{4,3-1}{\sqrt[4]{1 + \frac{12 \times 1,6 \times 10^{-8}}{0,07695}}} = 2,65 + 0,738 = 3,388$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{1800 \times 10^6} = 0,1595 \text{ m}$$

$$\lambda_g = \frac{0,1595}{\sqrt{3,388}} = 0,08669 \text{ m} = 86,69 \text{ mm}$$

Kemudian lebar dan panjang saluran transmisi (*feed*) didapat dengan menggunakan persamaan rumus (2.12), (2.13) :

$$L_1 = 1,6 \times 86,69 = 138,074 \text{ mm}$$

$$L_2 = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{86,69}{4} = 21,673 \text{ mm}$$

Maka didapat hasil panjang saluran  $L_1 = 138 \text{ mm}$  dan  $L_2 = 22 \text{ mm}$ . Dimana nilai  $Z_0$  akan bernilai  $100 \Omega$  untuk  $W_1$  dan  $50 \Omega$  untuk  $W_2$ . Dengan menggunakan rumus persamaan (2.14), (2.15) :

$$A = \frac{50}{60} \sqrt{\frac{4,3+1}{2} + \frac{4,3-1}{4,3+1}} \left(0,23 + \frac{0,11}{4,3}\right)$$

$$= 1,356568 + 0,1591355 = 1,515703965$$

$$e^A = 4,552624$$

$$\frac{W_2}{h} = \frac{8 \times 4,552624}{e^{2 \times 1,515703965 - 2}} = 1,94490$$

$$W_2 = 1,94490 \times 1,6 \times 10^{-3} = 3,11184 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \frac{100}{60} \sqrt{\frac{4,3+1}{2}} + \frac{4,3-1}{4,3+1} \left(0,23 + \frac{0,11}{4,3}\right)$$

$$= (2 \times 1,356568) + 0,1591355 = 2,872272351$$

$$\frac{W_1}{h} = \frac{1414171301}{310,4813233} = 0,455477091$$

$$W_1 = 0,455477091 \times 1,6 \times 10^{-3} = 7,287633456 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Didapatkan nilai  $W_1 = 0,728 \text{ mm}$  dan  $W_2 = 3,11 \text{ mm}$

### 3.4.3 Dimensi Substrat dan Ground Plane

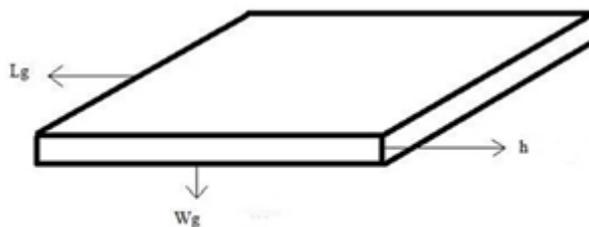
Ukuran ketebalan substrat sudah ditetapkan oleh pabrikasi yaitu 1,6 mm. Panjang sisi ( $Lg$ ) dan Lebar sisi ( $Wg$ ), dengan menggunakan rumus (2.16), (2.17) :

$$Lg = 3 \times 1,6 \times 10^{-3} + 0,5 \times 100 + 138 + 22 = 218,8 \text{ mm}$$

Maka didapat nilai  $Lg = 218,8 \text{ mm}$ .

$$Wg = 6h + W = 6 \times 1,6 \times 10^{-3} + 119 = 128,6 \text{ mm}$$

Maka didapat nilai  $Wg = 128,6 \text{ mm}$ .



Gambar 3.3 Ukuran Substrat dan Ground Plane Antena

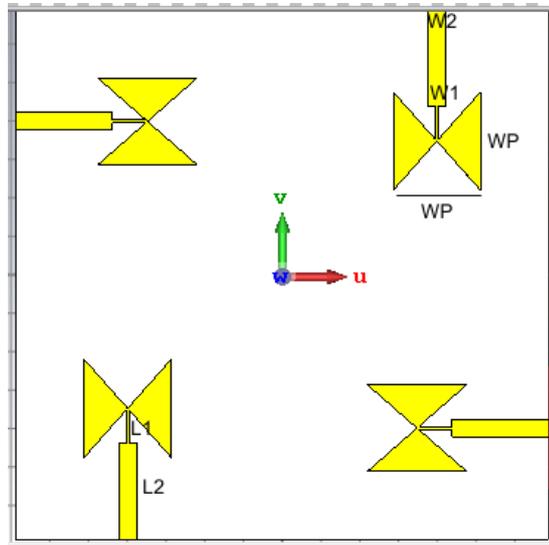
### 3.5 Simulasi

Simulasi menggunakan software antena, dengan langkah awal adalah mendesain bentuk antena sesuai perhitungan ke dalam simulator, pilih material penyusun dari setiap elemen sesuai perencanaan. Setelah dilakukan desain kemudian dilakukan running program. Analisis pertama terhadap hasil simulasi diperlukan, apakah sudah sesuai spesifikasi awal atau belum. Optimasi dimensi dilakukan agar mendapat dimensi yang tepat melalui percobaan dengan mengacu pada karakteristik yang diharapkan. Simulasi bertujuan untuk mendapatkan ukuran dimensi antena yang tepat agar hasil fabrikasi sesuai dengan spesifikasi.

Tabel 3.3 Dimensi Antena Sebelum Dan Setelah Proses Optimasi

No	Dimensi Antena (mm)	Ukuran Sebelum Dioptimasi (mm)	Ukuran Setelah Optimasi (mm)
1	LP (Panjang <i>Patch</i> )	100	51
2	WP (Lebar <i>Patch</i> )	119	44,9
3	L1 (Panjang <i>Feed</i> )	138	18
4	L2 (Panjang <i>Feed</i> )	22	50
5	W1 (Lebar <i>Feed</i> )	0,728	1,625
6	W2 (Lebar <i>Feed</i> )	3,11	9,1
7	LG (Panjang <i>Groundplane</i> )	218,8	115,5
8	WG (Lebar <i>Groundplane</i> )	128,6	115,5
9	TS (Tinggi Substrat) atau h	1,6 (Pabrikasi)	-
10	TT (Tinggi Tembaga)	0,035 (Pabrikasi)	-
11	D (Jarak Antar Antena)	44	44
12	A (Diameter Lingkaran)	25	25

Susunan Antena pada perancangan Antena Mikrostrip Mimo Bowtie 4x4 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.4 Antena Tampak Depan (*Patch Antena*)

Dengan menggunakan persamaan rumus :

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

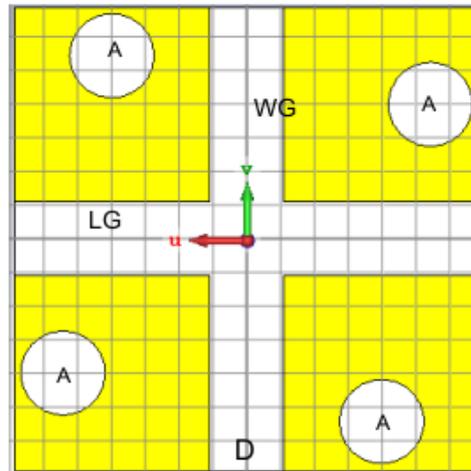
$$d = \frac{\lambda_g}{2} = \frac{86,69}{2} = 43,345 \text{ mm}$$

maka di dapat nilai : 44 mm

dimana :

$\lambda_g$  = Panjang gelombang pada bahan substrat.

$d$  = Jarak antar antena.



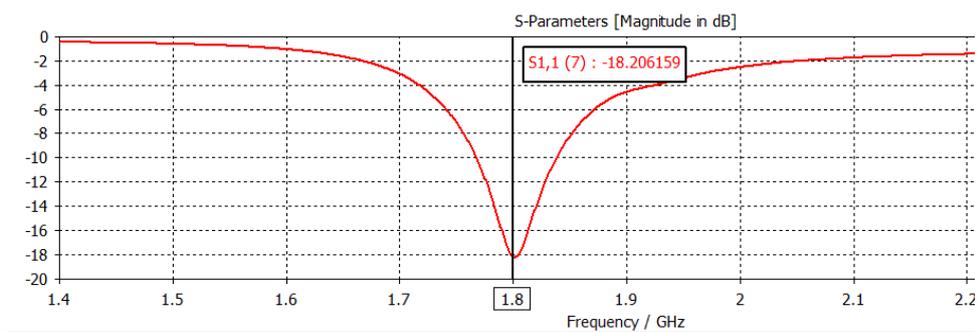
Gambar 3.5 Antena Tampak Belakang (*Ground Plane*)

### 3.6 Hasil Simulasi CST

Setelah merancang antena dipole silang pada CST studio suite maka langkah selanjutnya adalah proses *solver* dimana hasil simulasi akan terlihat setelah kita menentukan rentang frekuensi dan *field monitor* pada CST studio suite. Adapun hasil yang dapat dilihat pada software ini adalah, *Return Loss*, VSWR, Gain, Polarisasi, dan Radiasi antena.

#### 3.6.1 Return loss

Hasil return loss yang didapatkan dari hasil simulasi antena dapat dilihat pada gambar berikut ini :

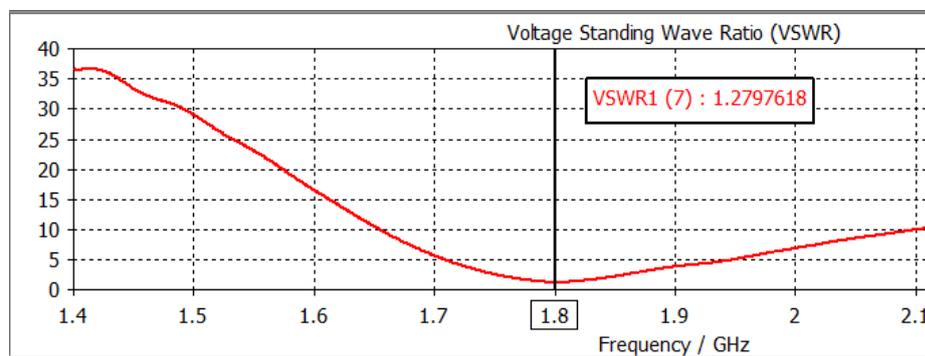


Gambar 3.6 Hasil Simulasi *Return Loss*

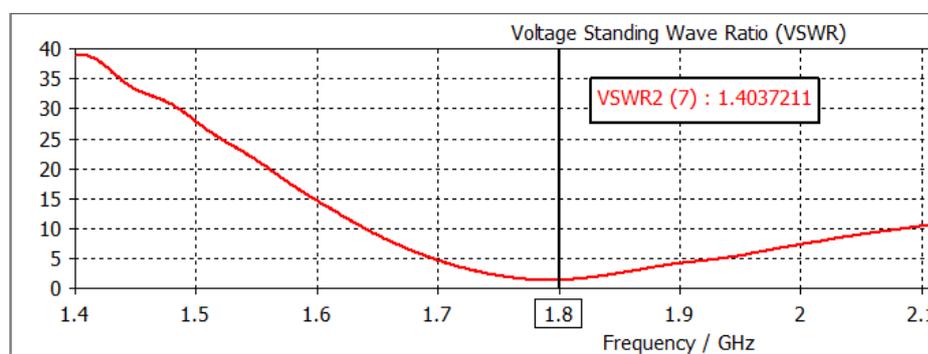
Return loss sebuah antenna dapat dikatakan baik jika nilainya  $\leq -10$  dBi, karena menyatakan nilai kehilangan suatu daya. Dilihat dari gambar diatas, hasil simulasi menunjukkan pada frekuensi 1.8 GHz memiliki return loss yaitu sebesar  $-18,20$  dBi. Seperti yang sudah di buat pada spesifikasi, antenna memiliki return loss  $\leq -20$  dB. Nilai tersebut masih dapat ditoleransi.

### 3.6.2 VSWR

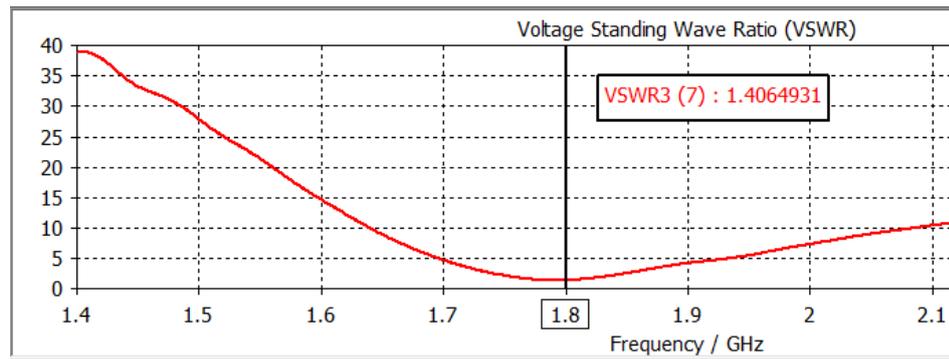
Hasil VSWR yang didapat dari hasil perancangan dengan software CST dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



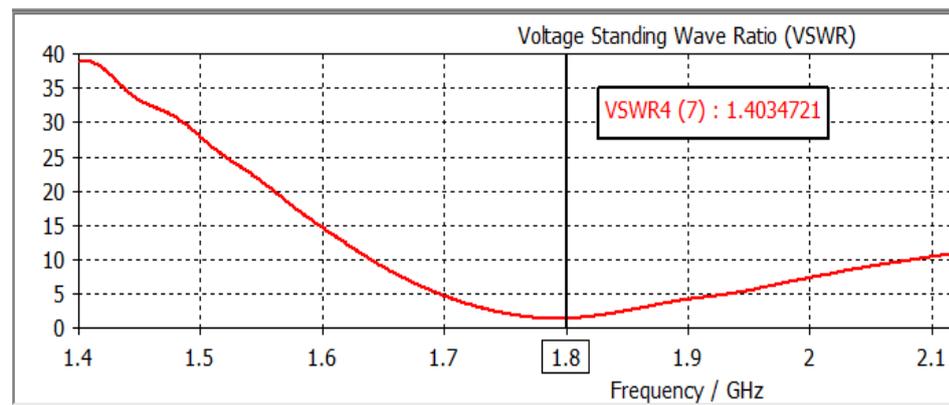
Gambar 3.7 Hasil Simulasi VSWR Patch 1



Gambar 3.8 Hasil Simulasi VSWR Patch 2



Gambar 3.9 Hasil Simulasi VSWR Patch 3

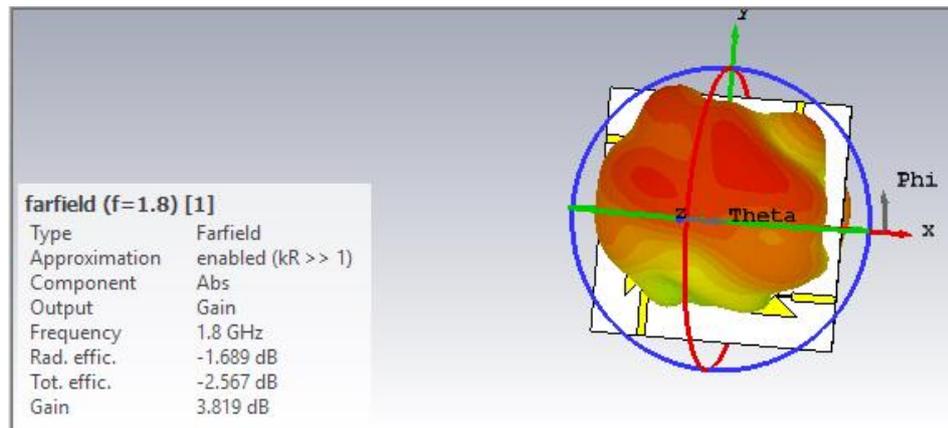


Gambar 3.10 Hasil Simulasi VSWR Patch 4

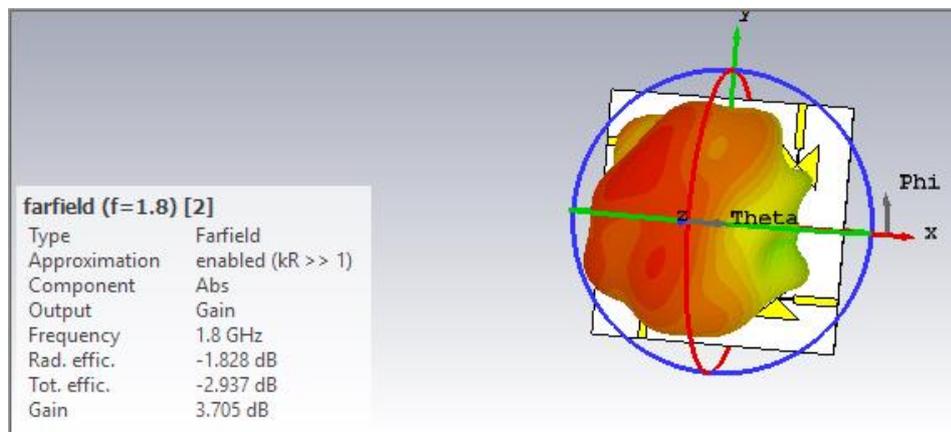
Dari gambar diatas menunjukkan bahwa pada frekuensi 1.8 GHz nilai VSWR patch 1 adalah 1,27, nilai VSWR patch 2 adalah 1,40, nilai VSWR patch 3 adalah 1,40, nilai VSWR patch 4 adalah 1,40. VSWR dapat dikatakan baik jika nilainya 1 akan tetapi untuk mendapatkan nilai tersebut sangat sulit. Dapat dilihat bahwa nilai VSWR yang dihasilkan simulasi masih dibawah 2 sesuai dengan spesifikasi.

### 3.6.3 Gain

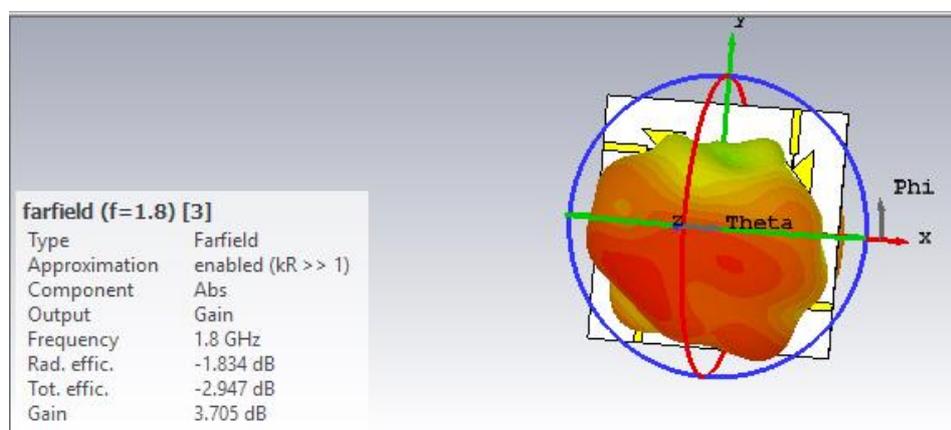
Hasil simulasi gain yang didapat dari hasil perancangan dengan software CST dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



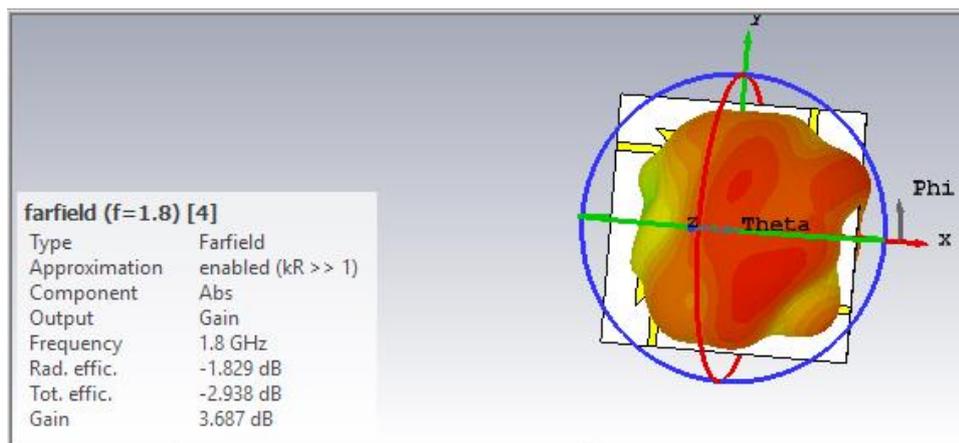
Gambar 3.11 Hasil Simulasi Gain Patch 1



Gambar 3.12 Hasil Simulasi Gain Patch 2



Gambar 3.13 Hasil Simulasi Gain Patch 3

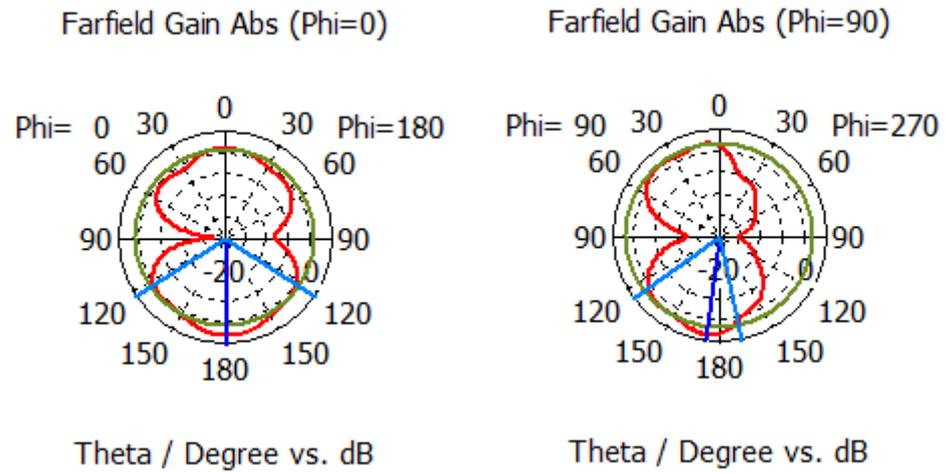


Gambar 3.14 Hasil Simulasi Gain Patch 4

Dari gambar diatas dapat dilihat gain (pengutan) antenna yang didapat dari simulasi. Gain patch 1 adalah sebesar 3,81 dBi, Gain patch 2 adalah sebesar 3,70 dBi, Gain patch 3 adalah sebesar 3,70 dBi, Gain patch 4 adalah sebesar 3,68 dBi. Besar gain dari sebuah antenna menentukan kemampuan antenna tersebut untuk memfokuskan energi yang dipancarkannya kesuatu arah. Hasil simulasi gain antenna diatas sudah memenuhi spesifikasi.

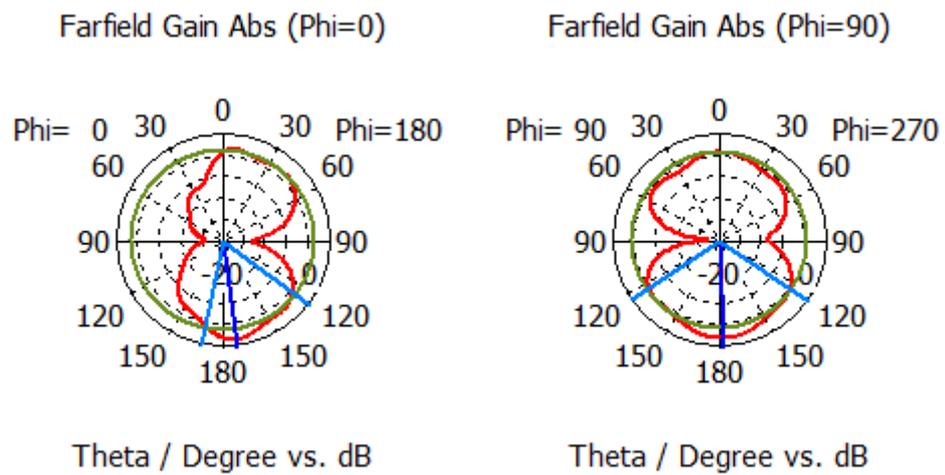
### 3.6.4 Pola radiasi

Pola radiasi yang didapat dari hasil simulasi antenna dengan software CST adalah omnidirectional atau segala arah. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



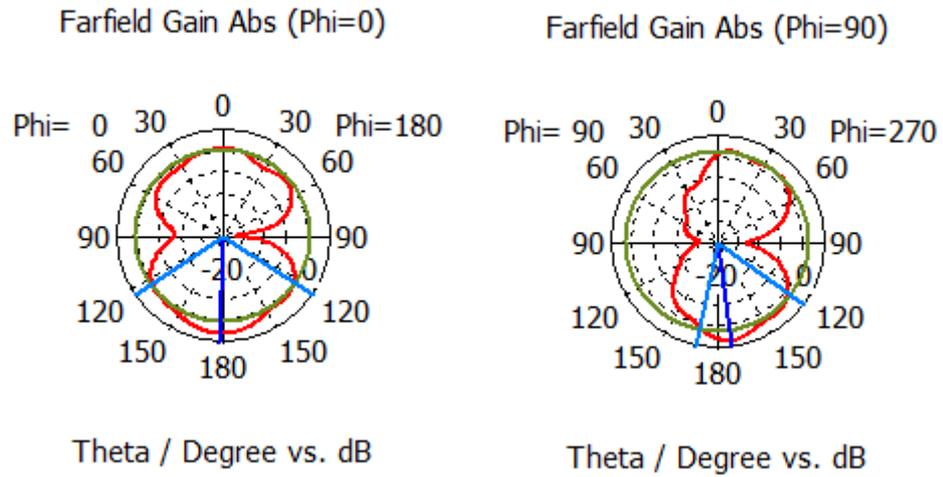
Gambar 3.15 Hasil Simulasi Pola Radiasi Bidang Azimuth Dan Bidang

Elevasi Patch 1

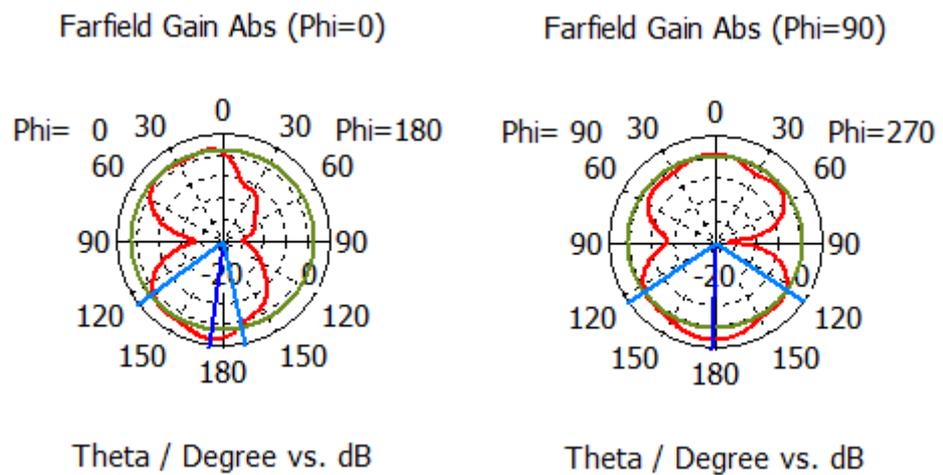


Gambar 3.16 Hasil Simulasi Pola Radiasi Bidang Azimuth Dan Bidang

Elevasi Patch 2



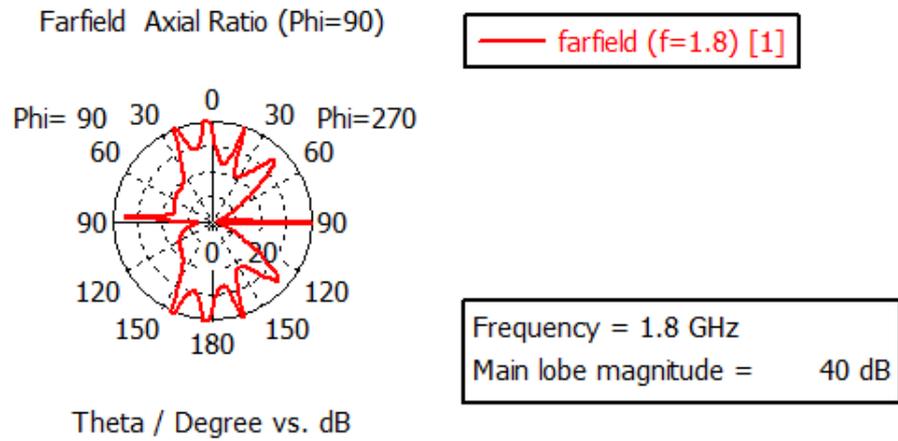
Gambar 3.17 Hasil Simulasi Pola Radiasi Bidang Azimuth Dan Bidang  
Elevasi Patch 3



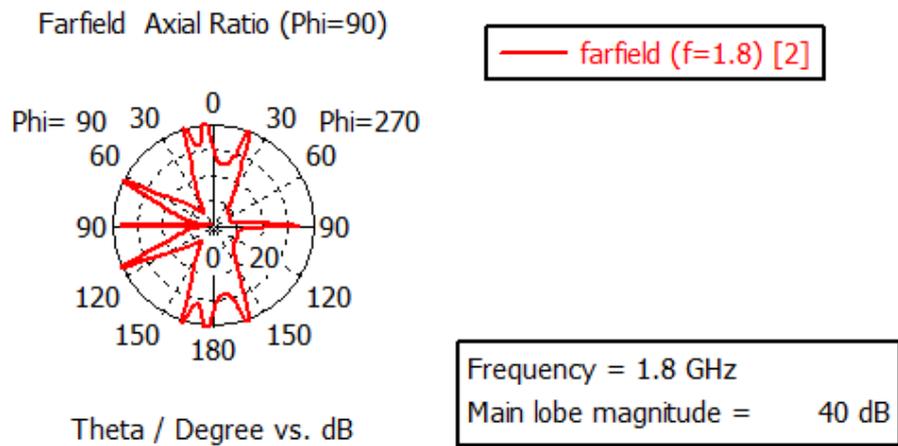
Gambar 3.18 Hasil Simulasi Pola Radiasi Bidang Azimuth Dan Bidang  
Elevasi Patch 4

### 3.6.5 Polarisasi Antena

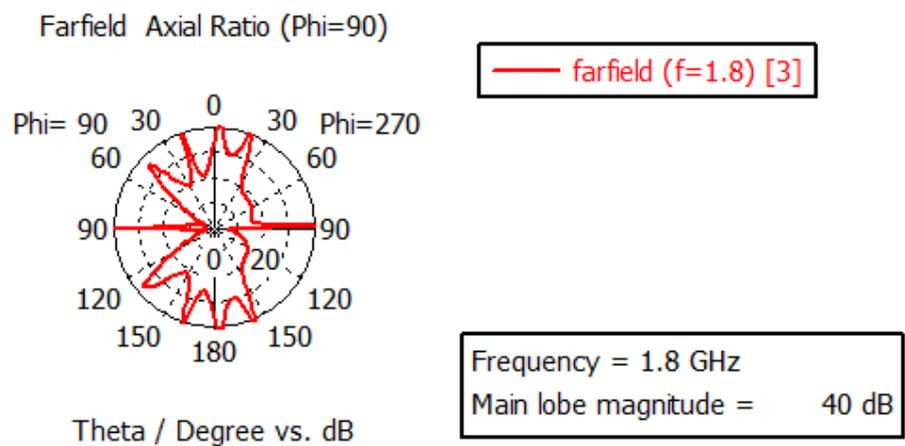
Polarisasi Antena yang didapat berdasarkan hasil simulasi CST studio suite untuk antena mikrostrip mimo bowtie 4x4 ini yaitu melingkar.



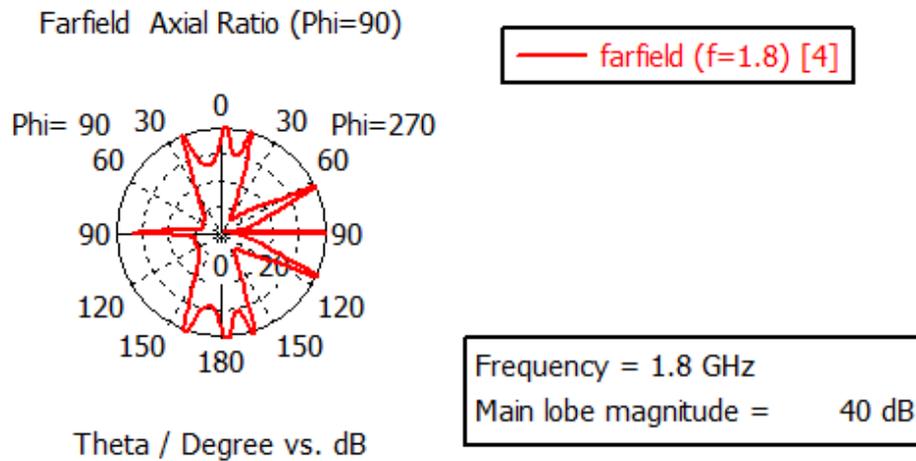
Gambar 3.19 Hasil simulasi Polarisasi Patch 1



Gambar 3.20 Hasil simulasi Polarisasi Patch 2



Gambar 3.21 Hasil simulasi Polarisasi Patch 3



Gambar 3.22 Hasil simulasi Polarisasi Patch 4

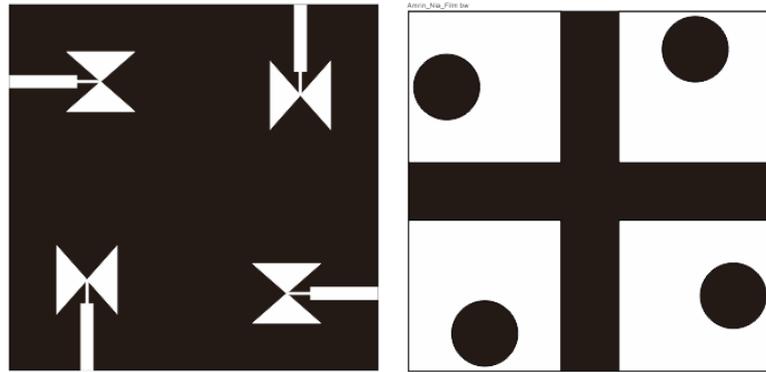
### 3.7 Realisasi Antena

Setelah selesai proses simulasi dan sudah mendapatkan dimensi sesuai yang diharapkan, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan antena. Berikut ini adalah langkah-langkah proses pembuatan antena yang akan dirancang :

1. Setelah selesai simulasi maka masuk ke tahap export file CST 2D DXF ke bentuk format save pdf atau corel, dll.
2. Selanjutnya pencetakan film antena, setelah itu mencetak antena dengan bahan FR-4 dengan  $\epsilon_r$  4,3.
3. Pemasangan konektor pada setiap patch antena. Konektor disini menggunakan *SMA-Female 4-Hole Flange Panel Mount Coaxial Connector* dengan tahanan  $50 \Omega$ .
4. Tahap selanjutnya pembuatan corner reflektor  $90^\circ$  dan bahan yang digunakan adalah plat tembaga (tebal 0,5 mm).
5. Selanjutnya pemasangan tiang penyangga dititik tengah antara corner reflektor  $90^\circ$  dengan antena yang sudah jadi. Yang nantinya bisa diatur jarak dekat tiang

penyangga dengan antena. Bahan yang digunakan adalah bahan paralon.

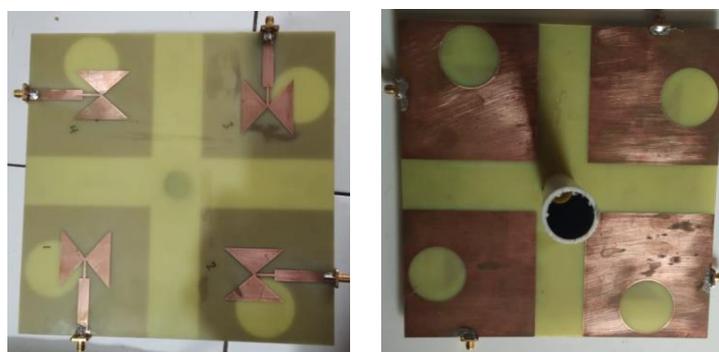
Berikut ini adalah gambar proses pembuatan antena yang dirancang :



Gambar 3.23 Film Patch Dan Ground Antena Yang Sudah Di Export



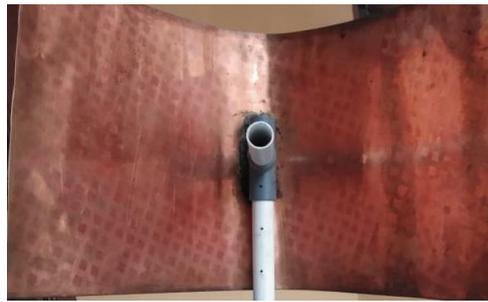
Gambar 3.24 Patch Dan Ground Antena Yang Sudah Dicetak (FR-4)



Gambar 3.25 Pemasangan Konektor SMA-Female 4-Hole Pada Patch Dan  
Ground Antena



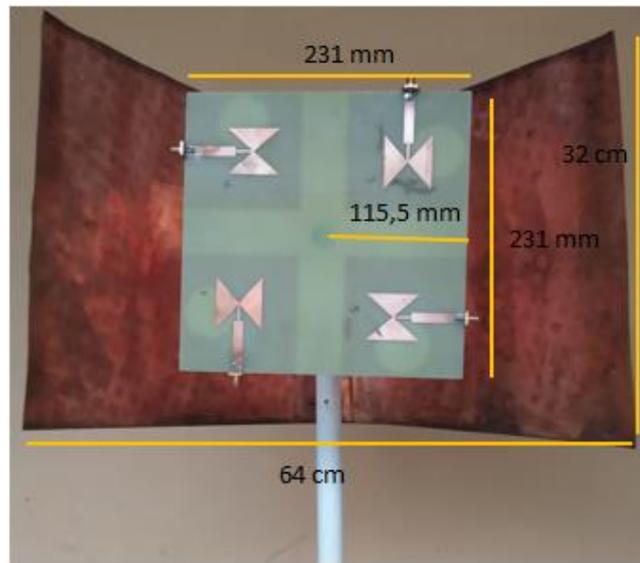
Gambar 3.26 Pemasangan Pipa Paralon Pada Titik Tengah Antena



Gambar 3.27 Corner reflektor  $90^\circ$  Dan Pemasangan Pipa Paralon Dititik Tengah  
Sebagai Pencatu



Gambar 3.28 Penggabungan Pipa Paralon Dan Mengatur Jarak Antena Dengan  
Coner Reflektor  $90^\circ$



Gambar 3.29 Dimensi Antena Dan Corner Reflektor 90°