

**DESAIN ANTENA LTE MIMO 4×4 PIFA (PLANNAR INVERTED  
– F ANTENNA) PADA FREKUENSI 2,3 GHZ**

**SKRIPSI**

untuk mencapai salah satu persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**Ahmad Tio Hasani**

**12524068**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta**

**2018**

# LEMBAR PENGESAHAN

## LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN ANTENA LTE MIMO 4X4 PIFA (*PLANNAR INVERTED – F ANTENNA*)

PADA FREKUENSI 2.3 GHZ

**TUGAS AKHIR**  
**ISLAM**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

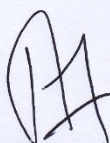
Disusun oleh:  
Ahmad Tio Hasani  
12524068



Yogyakarta, 19-Februari-2018

Menyetujui,

Pembimbing



Tito Yuwono S.T., M.Sc  
005240102

# PERNYATAAN

## PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 19 Februari 2018



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya, kesehatan serta petunjuk serta kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Desain Antena MIMO 4×4 PIFA (*Plannar Inverted – F Antenna*) pada Frekuensi 2,3 GHz”. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam isi tugas akhir ini sehingga semua kritik dan saran akan sangat bermanfaat untuk penulis agar dapat lebih baik lagi dikemudian hari.

Pembuatan laporan ini berdasarkan perkembangan dunia telekomunikasi yang semakin hari semakin pesat di dunia dan MIMO merupakan salah satu bagian dari perkembangan tersebut. Tujuan penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan pada Pendidikan Strata Satu (S1) Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknologi Elektro Universitas Islam Indonesia.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan, dukungan, dan doanya. Penulis mengucapkan terima kasih antara lain kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang tak pernah lelah memberikan semua bantuan, dukungan, dan doa.
2. Bapak Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Tito Yuwono S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah mendampingi dan memberikan masukan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Nyai Pondok Pesantren Sunan Pandanaran atas dukungan, saran dan doanya.
5. Jodis, Aulia, Bang Rei, Bang Ibeng, Fiqqi yang menjadi teman seperjuangan dan teman diskusi pada pembuatan tugas akhir ini.
6. Teman-teman Teknik Elektro UII khususnya angkatan 2012 atas dukungannya.
7. Teman-teman konsentrasi Telekomunikasi Teknik Elektro UII atas dukungannya.
8. Dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Dalam penulisan laporan ini penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis memohon maaf dikarenakan keterbatasan yang dimiliki penulis dalam segi pengalaman terutama pengetahuan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk banyak

pihak yang ingin mempelajari khususnya kepada Mahasiswa/i adik angkatan Jurusan Teknik Elektro UII konsentrasi Telekomunikasi yang ingin meneruskan penelitian dengan tema yang sama.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

**Yogyakarta, Februari 2018**

**Ahmad Tio Hasani**

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI DESAIN ANTENA LTE MIMO 4x4 PIFA (PLANNAR INVERTED – F ANTENNA) PADA FREKUENSI 2,3 GHZ



Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Tim Penguji:

Ketua

Tito Yuwono, S.T., M.Sc

Anggota 1

Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

Anggota 2

Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd., M.Eng.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Universitas Islam Indonesia



Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

- $L1$  = Panjang elemen *planar* (m)  
 $L2$  = Lebar elemen *planar* (m)  
 $c$  = Kecepatan cahaya =  $3 \times 10^8$  (m/s)  
 $f_r$  = Frekuensi resonan (Hz)  
 $\lambda$  = Panjang gelombang (m)  
 $H$  = Ketinggian *patch* dari *groundplane* (m)  
 $W$  = Lebar *patch* (mm)  
 $\epsilon_r$  = Permittivitas  
 $\epsilon_{re}$  = Konstanta dielektrik efektif  
 $f_0$  = Frekuensi kerja (GHz)  
 $\Delta L$  = Pertambahan panjang dari L (mm)  
 $L_{eff}$  = Panjang efektif (mm)  
 $L$  = Panjang *patch* (mm)

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi seluler semakin pesat dengan hadirnya teknologi LTE (*Long Term Evolution*) dari generasi keempat (4G). LTE muncul untuk memenuhi kebutuhan pengguna perangkat telekomunikasi yang menginginkan layanan dengan kualitas dan kecepatan yang tinggi. LTE mampu memberikan layanan *data rate* untuk *downlink* mencapai 299,6 Mbps dan untuk *uplink* mencapai 75 Mbps. LTE menggunakan sistem antena MIMO untuk memenuhi layanan tersebut.

Pada penelitian ini dilakukan desain antena MIMO 4×4 PIFA (*Plannar Inverted – F Antenna*). Jenis antena ini sesuai untuk diaplikasikan pada perangkat *mobile* karena memiliki dimensi yang kecil. Antena dirancang untuk dapat bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dengan spesifikasi yang menjadi acuan adalah nilai *return loss*  $\leq -10$  dB, *VSWR*  $\leq 2$ , dan *gain*  $\geq 2,5$  dBi. Perancangan antena menggunakan *software* CST *Studio Suite* 2017 dan *Antenna Magus*. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi, dilakukan percobaan dengan merubah ketinggian *patch* dari *groundplane* dan lebar *shorting pin* dengan nilai yang berbeda-beda.

Hasil akhir yang didapat dari penelitian ini adalah nilai *return loss*  $\leq -10$  dB, *VSWR*  $\leq 2$ , serta nilai *gain* sebesar 4,577 dBi. Dimensi akhir *groundplane* adalah  $69,55 \times 125,19 \times 0,13$  mm<sup>3</sup>, dimensi akhir *patch* adalah  $13,91 \times 21,57 \times 0,13$  mm<sup>3</sup>.

Kata kunci: LTE, MIMO, PIFA



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	vi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Studi Literatur .....	3
2.2 Tinjauan Teori .....	4
2.2.1 <i>Long Term Evolution</i> (LTE) .....	4
2.2.2 <i>Multiple Input Multiple Output</i> (MIMO).....	4
2.2.3 Antena .....	5
2.2.4 PIFA.....	5
2.2.5 Frekuensi Resonansi.....	6
2.2.6 <i>Bandwidth</i> PIFA.....	7
2.2.7 <i>S-parameter</i> .....	7
2.2.8 VSWR ( <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> ) dan <i>Return Loss</i> .....	7
BAB 3 METODOLOGI.....	8

3.1	Alat dan Bahan .....	8
3.2	Alur Penelitian.....	8
3.3	Penjelasan Diagram Alir.....	9
3.4	Perancangan <i>Patch</i> Antena.....	10
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		13
4.1	Perancangan Antena Satu <i>Patch</i> .....	13
4.2	Hasil Simulasi.....	14
4.2.1	Antena Satu <i>Patch</i> .....	14
4.2.2	Antena Dua <i>Patch</i> .....	18
4.2.3	Antena Tiga <i>Patch</i> .....	22
4.2.4	Antena Empat <i>patch</i> .....	24
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		27
5.1	Kesimpulan.....	27
5.2	Saran .....	27
DAFTAR PUSTAKA .....		28

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem MIMO .....	4
Gambar 2.2 Desain antenna PIFA .....	6
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	8
Gambar 4.1 Bentuk antenna hasil perhitungan.....	13
Gambar 4.2 Grafik <i>return loss</i> antenna satu <i>patch</i> .....	14
Gambar 4.3 Pengaruh perubahan tinggi <i>patch</i> terhadap <i>return loss</i> .....	15
Gambar 4.4 Pengaruh perubahan lebar <i>shorting pin</i> terhadap <i>return loss</i> .....	15
Gambar 4.5 Tampilan parameter <i>Antenna Magus</i> .....	16
Gambar 4.6 Bentuk antenna dari <i>Antenna Magus</i> .....	16
Gambar 4.7 Grafik <i>return loss</i> antenna satu <i>patch</i> dari <i>Antenna Magus</i> .....	17
Gambar 4.8 Grafik VSWR antenna satu <i>patch</i> .....	17
Gambar 4.9 Pola radiasi 3D dan nilai <i>gain</i> antenna satu <i>patch</i> .....	18
Gambar 4.10 Pola radiasi Azimut antenna satu <i>patch</i> .....	18
Gambar 4.11 Bentuk antenna dua <i>patch</i> .....	18
Gambar 4.12 Langkah pertama membuat antenna dua <i>patch</i> .....	19
Gambar 4.13 Langkah kedua membuat antenna dua <i>patch</i> .....	19
Gambar 4.14 Grafik <i>return loss</i> antenna dua <i>patch</i> .....	20
Gambar 4.15 Grafik VSWR antenna dua <i>patch</i> .....	20
Gambar 4.16 Pola radiasi 3D dan nilai <i>gain</i> antenna dua <i>patch</i> .....	22
Gambar 4.17 Pola radiasi Azimut antenna dua <i>patch</i> .....	22
Gambar 4.18 Bentuk desain antenna tiga <i>patch</i> .....	22
Gambar 4.19 Grafik <i>return loss</i> antenna tiga <i>patch</i> .....	23
Gambar 4.20 Grafik VSWR antenna tiga <i>patch</i> .....	23
Gambar 4.21 Pola radiasi 3D dan nilai <i>gain</i> antenna tiga <i>patch</i> .....	24
Gambar 4.22 Pola radiasi Azimut antenna tiga <i>patch</i> .....	24
Gambar 4.23 Bentuk desain antenna empat <i>patch</i> .....	24

Gambar 4.24 Grafik <i>return loss</i> antena empat <i>patch</i> .....	25
Gambar 4.25 Grafik VSWR antena empat <i>patch</i> .....	25
Gambar 4.26 Pola radiasi 3D dan nilai <i>gain</i> antena empat <i>patch</i> .....	26
Gambar 4.27 Pola radiasi Azimut antena empat <i>patch</i> .....	26

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel dimensi antena .....	14
Tabel 4.2 Pengaruh perubahan tinggi <i>patch</i> dari <i>groundplane</i> dan lebar <i>shorting pin</i> terhadap nilai <i>return loss</i> dan VSWR.....	21
Tabel 4.3 Nilai <i>return loss</i> dan VSWR antena tiga <i>patch</i> .....	23
Tabel 4.4 Nilai <i>return loss</i> dan VSWR antena empat <i>patch</i> .....	25

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan perangkat telekomunikasi saat ini tidak hanya untuk komunikasi suara, tetapi juga untuk komunikasi data, gambar dan video sehingga dibutuhkan sarana komunikasi yang mampu melayani semua layanan tersebut. Selain itu, aplikasi layanan telekomunikasi juga dituntut untuk dapat dinikmati pengguna yang menggunakan perangkat bergerak seperti laptop dan *mobile phone*. Untuk memenuhi semua layanan tersebut dibutuhkan teknologi komunikasi yang memiliki kualitas tinggi dan kapasitas *bandwidth* yang besar dalam pengiriman informasi, dan teknologi tersebut adalah LTE [1].

LTE (*Long Term Evolution*) merupakan teknologi komunikasi *wireless* generasi keempat (4G) yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA. LTE bertujuan untuk meningkatkan performansi teknologi 3G dari sisi kualitas maupun kapasitas. Teknologi ini mampu memberikan layanan *data rate* untuk *downlink* mencapai 299,6 Mbps dan untuk *uplink* mencapai 75 Mbps dengan sistem antena MIMO 4×4 dan penggunaan spektrum frekuensi 20 MHz.

Sistem antena MIMO pada komunikasi *wireless* berkecepatan tinggi sangat dibutuhkan untuk mengatasi *multipath fading*. Kemampuan antena MIMO dalam mengurangi *multipath fading* tergantung dari jumlah antena yang digunakan. Semakin banyak kombinasi antena MIMO yang digunakan semakin besar pula peningkatan performansi yang didapatkan. Dengan menggunakan antena MIMO 4×4, *data rate* yang didapatkan jauh lebih besar daripada antena MIMO 2×2 dengan menggunakan kanal *bandwidth* yang sama.

Untuk mendesain antena MIMO pada *handset* telepon bergerak digunakan pemilihan yang tepat dalam hal kualitas maupun efisiensi ruang. Pada umumnya digunakan antena *microstrip* untuk mendesain antena yang *low profile* dan berdimensi kecil. Namun pada penelitian ini akan digunakan jenis antena PIFA yang memiliki beberapa keunggulan dari antena *microstrip* yaitu dimensi antena PIFA lebih kecil dengan panjang *patch*  $\lambda/4$ , nilai SAR yang dihasilkan rendah, *matching* impedansi dapat dilakukan dengan hanya mengatur jarak antara catuan dengan elemen *shorting pin* tanpa harus menggunakan tambahan rangkaian penyepadanan [2].

Dalam tugas akhir ini akan dirancang antenna LTE MIMO 4×4 PIFA yang dirancang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz menggunakan *software* CST *Studio Suite* 2017 dan *Antenna Magus*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana merancang antenna LTE MIMO 4×4 PIFA yang dapat bekerja pada frekuensi 2,3 GHz pada *software* CST *Studio Suite* 2017 dan *Antenna Magus*.
2. Bagaimana cara menguji dan mengukur kinerja antenna.
3. Bagaimana menganalisa parameter hasil pengukuran antenna yang dibuat terhadap spesifikasi yang diinginkan.
4. Bagaimana melakukan optimasi hasil rancangan antenna agar didapat hasil yang sesuai dengan spesifikasi.

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Antena yang digunakan pada perancangan ini adalah antenna PIFA konvensional.
2. Antena yang dirancang menggunakan bantuan *software* CST *Studio Suite* 2017 dan *Antenna Magus*.
3. Antena diimplementasikan pada teknologi LTE dengan frekuensi kerja 2,3 GHz.
4. Sistem antenna yang dirancang adalah antenna MIMO dengan jumlah antenna sebanyak 4 buah.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Merancang antenna LTE MIMO 4×4 PIFA yang dapat bekerja pada frekuensi 2,3 GHz pada *software* CST *Studio Suite* 2017 dan *Antenna Magus*.
2. Menguji dan mengukur kinerja antenna.
3. Menganalisa parameter hasil pengukuran antenna yang dibuat terhadap spesifikasi yang diinginkan.
4. Mengoptimasi hasil rancangan antenna agar didapat hasil yang sesuai dengan spesifikasi.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Sebagai referensi untuk mahasiswa dan mahasiswi yang ingin melanjutkan penelitian antenna LTE MIMO PIFA.
2. Sebagai referensi langkah-langkah dalam mendesain antenna LTE MIMO PIFA dengan *software* CST *Studio Suite* 2017 dan *Antenna Magus*.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Penelitian tentang perancangan dan pembahasan terkait dengan desain antenna LTE MIMO telah banyak dilakukan seperti yang dilakukan oleh Ridwan Sanusi, Heroe Wijanto, dan Yuyu Wahyu pada tahun 2013 yang berjudul *Implementasi dan Analisis Antena PIFA MIMO 4×4 untuk Aplikasi Handset TDD-LTE pada Frekuensi 2,3 GHz – 2,6 GHz*. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perancangan dan perealisasi antenna PIFA dengan susunan MIMO 4×4 yang bekerja pada frekuensi TDD-LTE 2,3 GHz – 2,6 GHz. Penelitian ini menggunakan rancangan antenna berbentuk *meander* yang dapat mengurangi dimensi antenna hingga 30% dari antenna PIFA konvensional dan pada sisi *groundplane* dilakukan penambahan slot untuk mengurangi nilai *mutual coupling* antar antenna hingga  $\leq -20$  dB [2].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Goldtri Lumban Gaol, Budi Prasetya, dan Yuyu Wahyu yaitu melakukan perancangan dan realisasi antenna mikrostrip MIMO 3×3 pada frekuensi 2,6 – 2,7 GHz. Penelitian ini menggunakan 3 antenna *patch* dan bertujuan untuk mencari nilai VSWR dari ketiga antenna tersebut, dan untuk mencari nilai *bandwidth* dan nilai *gain* yang dihasilkan [3].

Penelitian terbaru pada 2015 yang dilakukan oleh Linsheng Yang, Tao Li, dan Su Yan yang berjudul *Highly Compact MIMO Antenna System for LTE/ISM Applications*. Penelitian ini menggunakan *plannar monopole antenna* untuk membentuk sistem antenna MIMO *dual-element* untuk LTE2300 (frekuensi yang digunakan di Asia dan Afrika). Antenna ini menghasilkan *bandwidth* dengan nilai 310 MHz dengan ukuran antenna 15,5 mm × 18 mm × 1,6 mm. Koefisien korelasi yang dihasilkan antara dua elemen tersebut adalah  $\leq 0,3$  dan total efisiensi yang dihasilkan lebih besar dari 78% yang membuat sistem antenna MIMO ini dapat digunakan untuk desain terminal MIMO [4].



## 2.2 Tinjauan Teori

### 2.2.1 Long Term Evolution (LTE)

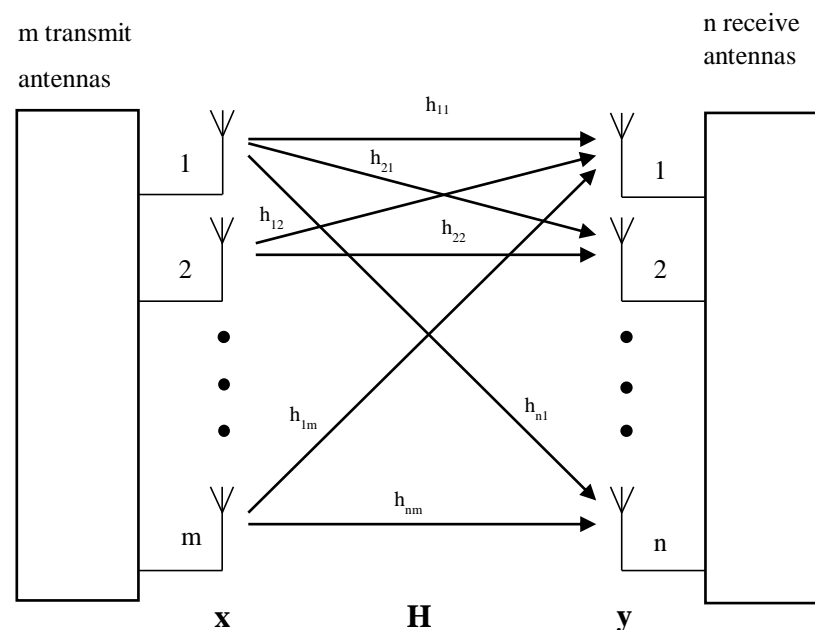
3GPP *Long Term Evolution* atau lebih dikenal dengan sebutan LTE adalah sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA. Jaringan antarmuka-nya tidak cocok dengan jaringan 2G dan 3G, sehingga harus dioperasikan melalui spektrum nirkabel yang terpisah [5].

Teknologi LTE memiliki beberapa layanan, yaitu:

1. Menawarkan kecepatan *downlink* hingga 300 Mbps dan *uplink* 75 Mbps.
2. Menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM).
3. Meningkatkan kecepatan transmisi secara keseluruhan.
4. LTE menggunakan jaringan *all-IP*.

### 2.2.2 Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Sistem *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) adalah sistem yang menggunakan multi antenna pada *transmitter* dan *receiver* untuk mengatasi kelemahan pada sistem komunikasi *wireless* konvensional diantaranya adalah *large scale fading*, *small scale fading*, *multipath fading* serta interferensi dari sinyal lain. Sistem MIMO memberikan penambahan efisiensi spektral yang didasarkan pada penggunaan *space diversity* pada *transmitter* dan *receiver* [6].



Gambar 2.1 Sistem MIMO [7]

Pada gambar 2.1 dapat dilihat koneksi langsung antara antena  $m1$  menuju antena  $n1$  yang selanjutnya dinotasikan sebagai  $h11$ , dan seterusnya. Sedangkan koneksi secara tidak langsung antara antena  $m1$  dan  $n2$  dinotasikan sebagai  $h21$ , dan seterusnya. Dari semua koneksi ini maka didapat matriks transmisi  $H$  yaitu perkalian matriks dari  $n \times m$ .

$$H = \begin{bmatrix} h11 & h12 & h.. & h1m \\ h21 & h22 & h.. & h2m \\ h.. & h.. & h.. & h.m \\ hn1 & hn2 & hn. & hnm \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Sistem MIMO memiliki beberapa kelebihan, diantaranya:

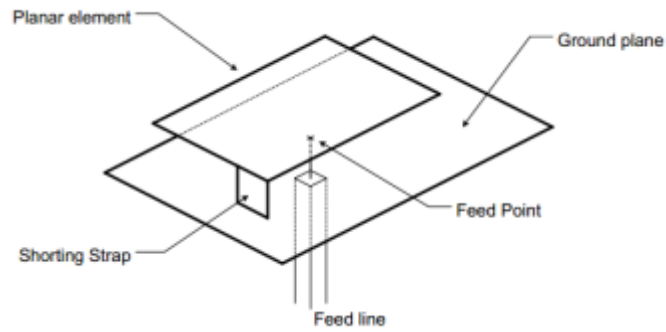
1. Sinyal pantulan (*multi path*) sebagai penguat sinyal utama sehingga tidak saling menggagalkan.
2. Mempercepat koneksi *wireless* dan memperjauh jarak jangkauan.
3. Menghemat penggunaan *bandwidth* dan peningkatan kapasitas kanal.

### 2.2.3 Antena

Antena adalah alat yang dapat merubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian memancarkannya ke ruang bebas ataupun sebaliknya. Antena juga merupakan salah satu komponen terpenting dalam suatu rangkaian dan perangkat elektronika yang berkaitan dengan frekuensi radio ataupun gelombang elektromagnetik [8].

### 2.2.4 PIFA

PIFA (*Plannar Inverted F-Antenna*) adalah salah satu jenis dari *Linier Inverted - F Antenna* (IFA) yang banyak digunakan pada perangkat *mobile* karena sifat hemat ruangnya. PIFA digunakan untuk sirkuit nirkabel yang diimplementasikan ke *microstrip*. Format *microstrip* adalah format pilihan untuk elektronik RF modern. Hal ini dapat digunakan untuk mengimplementasikan komponen RF elemen terdistribusi yang dibutuhkan seperti *filter*, sementara pada saat yang sama menjadi ekonomis karena metode produksi massal yang sama digunakan seperti untuk papan sirkuit tercetak. Pada umumnya, PIFA tersusun atas sebuah *rectangular plannar element* yang terletak diatas *ground plane*, sebuah *shorting pin*, dan sebuah mekanisme *feeding* untuk *plannar element*. Karena bentuknya yang kompak dan mendukung operasi *multiband* dan *wideband*, antena PIFA dapat diaplikasikan dalam berbagai macam hal seperti komunikasi *mobile* dan radio [9].



Gambar 2.2 Desain antenna PIFA [9]

Antena PIFA memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

1. Karena dimensinya yang kecil, PIFA lebih sesuai diterapkan di perangkat *mobile* dibandingkan dengan antenna *whip/rod/helix*.
2. Mengurangi radiasi gelombang elektromagnetik terhadap kepala pengguna.
3. Menunjukkan *gain* yang tinggi pada polarisasi vertikal dan horisontal.

### 2.2.5 Frekuensi Resonan

Perhitungan frekuensi pada PIFA dapat didekati dengan persamaan berikut:

$$L1 + L2 = \frac{\lambda}{4} \quad (2.2)$$

$$\lambda = \frac{c}{fr} \quad (2.3)$$

- Dimana:  $fr$  = frekuensi resonan (Hz)  
 $L1$  = panjang elemen planar (m)  
 $L2$  = lebar elemen planar (m)  
 $c$  = kecepatan cahaya  $3 \times 10^8$  (m/s)  
 $\lambda$  = panjang gelombang (Hz)

Seperempat panjang gelombang sama dengan panjang efektif dari aliran arus pada plat hubungan singkat dan elemen planar. Maka pada keadaan  $W/L1$  frekuensi resonan dapat didekati dengan:

$$L1 + H = \frac{\lambda}{4} \quad (2.4)$$

Pada saat  $W = 0$ ,

$$L1 + L2 + H = \frac{\lambda}{4} \quad (2.5)$$

Dimana:  $W$  = lebar *short* (m)

$H$  = ketinggian *patch* dari *groundplane* (m)

### 2.2.6 Bandwidth PIFA

Dimensi antena PIFA yang kecil membuat lebar *bandwidth* juga kecil. Sehingga dibutuhkan teknik untuk meningkatkan *bandwidth* antena. Beberapa teknik untuk meningkatkan *bandwidth* antena PIFA yaitu:

1. Pengaturan dimensi *groundplane*. Semakin kecil dimensi *groundplane* semakin besar *bandwidth* antena yang didapatkan.
2. Dengan melakukan percobaan beberapa model untuk menjadikan jarak antar antena berdekatan atau berjauhan.

### 2.2.7 S-parameter

*S-parameter* adalah hubungan *input-output* antar *port* atau terminal dalam sistem elektrikal. Misalkan, jika ada 2 *port* (*port* 1 dan *port* 2), maka  $S_{12}$  merupakan *power* yang dikirim dari *port* 2 menuju *port* 1, dan  $S_{21}$  merupakan *power* yang dikirim dari *port* 1 menuju *port* 2 [10].

### 2.2.8 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) dan Return Loss

VSWR adalah rasio perbandingan antara gelombang datang dan gelombang berdiri (*standing wave*) atau dapat juga diartikan sebagai perbandingan antara gelombang maksimum dan gelombang minimum. Kondisi yang paling diharapkan untuk nilai VSWR terbaik yaitu bernilai 1, namun untuk nilai VSWR paling besar yang dapat ditoleransi yaitu bernilai 2. Semakin tinggi nilai VSWR berarti performansi dari antena semakin tidak baik atau gelombang yang terinterferensi semakin besar [11].

*Return loss* adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. *Return loss* juga dapat digunakan untuk melihat atau mengindikasikan hilangnya suatu daya yang ditransmisikan dan seberapa besar *receiver* menerima daya yang ditransmisikan. Kondisi yang paling diharapkan untuk nilai *return loss* terbaik yaitu  $\leq -10$  dB. Semakin kecil nilai *return loss* maka akan semakin baik pula performansi antena.

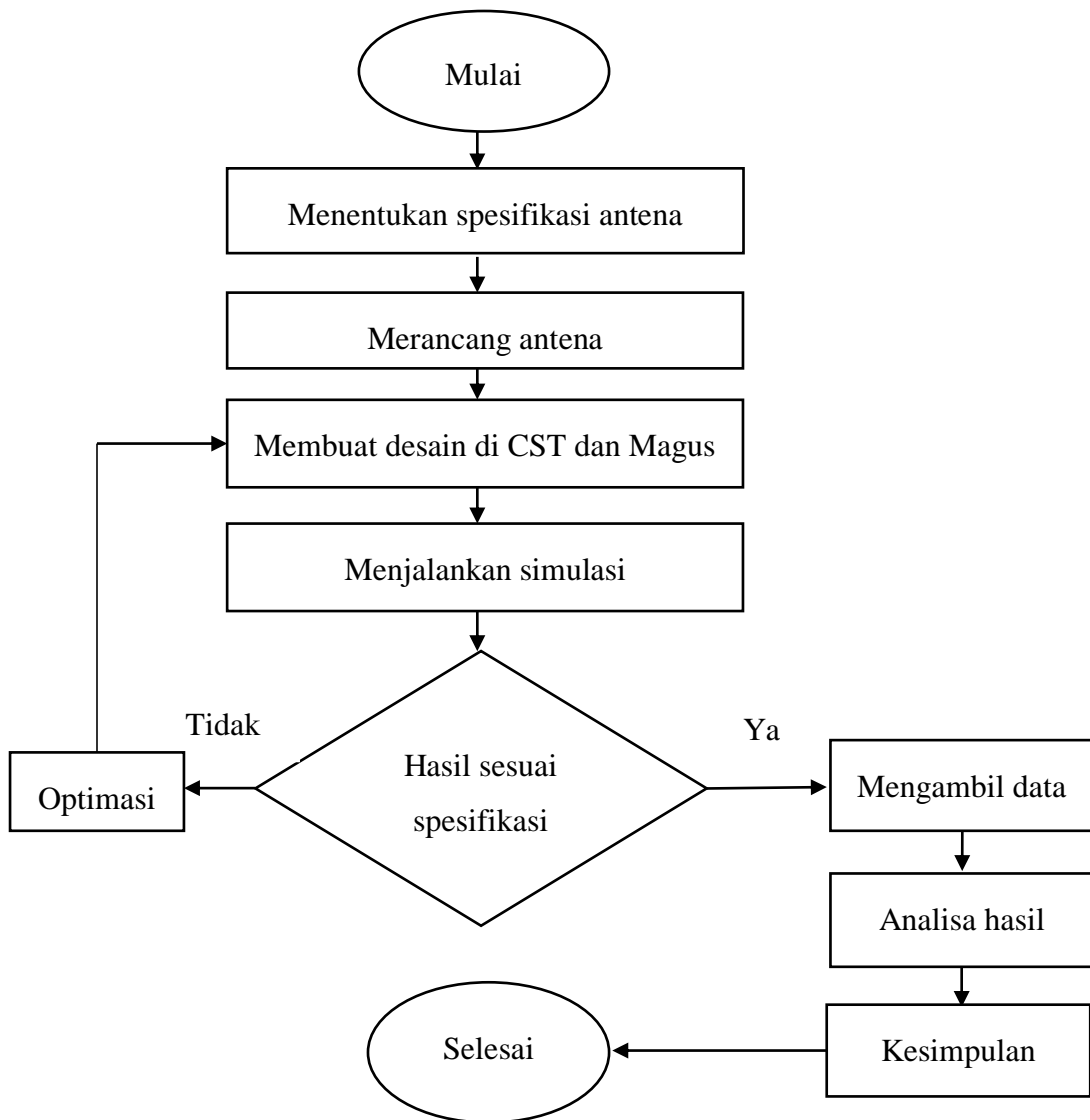
# BAB 3

## METODOLOGI

### 3.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini bersifat simulasi, alat yang dibutuhkan adalah perangkat komputer yang memiliki spesifikasi yang cukup untuk menjalankan simulasi secara cepat dan akurat. *Software* atau perangkat lunak yang digunakan adalah *CST Studio Suite 2017* dan *Antenna Magus*.

### 3.2 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.3 Penjelasan Diagram Alir

#### 1. Menentukan Spesifikasi Antena

Pada tahap ini menentukan spesifikasi antena yang akan dijadikan acuan untuk analisa hasil simulasi [2]. Spesifikasi yang ditentukan adalah:

- a. Frekuensi kerja: 2,3 GHz
- b. *Return Loss*:  $\leq -10$  dB
- c. VSWR:  $\leq 2$
- d. *Gain*:  $\geq 2,5$  dBi

#### 2. Merancang Antena

Pada tahap ini dilakukan perancangan antena dengan menentukan bentuk antena yang didesain, bahan yang digunakan, dan menghitung dimensi *patch* serta *groundplane*.

#### 3. Membuat desain di CST dan Magus

Setelah menentukan rancangan yang akan dibuat, antena didesain menggunakan *software* CST *studio suite* 2017 dan *Antenna Magus*.

#### 4. Menjalankan Simulasi

Simulasi dijalankan pada *software* CST *studio suite* 2017 untuk melihat hasil spesifikasi *return loss*, VSWR, dan *gain*.

#### 5. Optimasi

Optimasi dilakukan ketika hasil simulasi tidak sesuai dengan nilai spesifikasi yang telah ditetapkan. Optimasi dilakukan dengan cara mengubah ketinggian *patch* dari *groundplane* dan mengubah lebar *shorting pin*.

#### 6. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan apabila hasil simulasi sudah sesuai dengan nilai spesifikasi yang telah ditetapkan. Data yang diambil adalah *s-parameter* untuk melihat nilai *return loss*, VSWR, dan *gain*.

#### 7. Analisa Hasil

Data yang didapat selanjutnya dianalisa untuk mengetahui apakah antena dapat bekerja dengan baik dan benar sesuai spesifikasi.

#### 8. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan jawaban dari semua rumusan permasalahan, hasil akhir analisa simulasi, dimensi akhir antena, dan menentukan apakah antena ini dapat digunakan pada frekuensi 2,3 GHz juga *handset* sesuai dengan spesifikasi atau tidak.

### 3.4 Perancangan *Patch* Antena

Pada umumnya antena PIFA yang dibuat adalah antena berbentuk *meander* dan berbagai macam bentuk lainnya, tetapi pada tugas akhir ini akan dibuat antena PIFA berbentuk konvensional untuk melihat apakah antena dengan bentuk ini dapat digunakan dengan optimal pada *handset* sama seperti bentuk lainnya. Hanya satu frekuensi yang digunakan untuk perancangan ini yaitu frekuensi 2,3 GHz.

Perancangan yang pertama kali dilakukan adalah perancangan *patch*. Adapun perhitungan untuk mendapatkan ukuran dimensi *patch* adalah sebagai berikut:

Lebar *patch* ( $W$ ):

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \quad (3.1)$$
$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,3 \times 10^9 \sqrt{\frac{(4,3+1)}{2}}}$$
$$= \frac{0,3}{7,4883}$$
$$= 40,0628 \text{ mm}$$

Dimana:

$W$  = lebar *patch* (mm)

$c$  = kecepatan cahaya  $3 \times 10^8$  (m/s)

$f_0$  = frekuensi tengah (GHz)

$\epsilon_r$  = permifitansi

Panjang *patch*:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (3.2)$$

Dimana:

$L$  = panjang *patch* (mm)

Untuk mencari nilai panjang *patch*, harus dicari nilai dari  $L_{eff}$  dan  $\Delta L$  terlebih dahulu. Dan untuk mendapatkan nilai  $L_{eff}$  dan  $\Delta L$ , dibutuhkan nilai konstanta dielektrik efektif.

Perhitungan konstanta dielektrik efektif:

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{re} &= \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{w}\right)^{-0,5} & (3.3) \\
 &= \frac{5,3}{2} + \frac{3,3}{2} \left(1 + 12 \frac{1,67}{40,0628}\right)^{-0,5} \\
 &= 2,65 + 1,65 (2,1331)^{-0,5} \\
 &= 2,65 + 2,4099 \\
 &= 5,0599
 \end{aligned}$$

Dimana:

$\epsilon_{re}$  = konstanta dielektrik efektif

$h$  = tinggi *patch* dari *groundplane* (mm)

Perhitungan  $\Delta L$ :

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= 0,412 \times h \frac{(\epsilon_{re} + 0,3)\left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{re} - 0,258)\left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} & (3.4) \\
 &= 0,412 \times 1,67 \frac{(5,0599 + 0,3)\left(\frac{40,0628}{1,67} + 0,264\right)}{(5,0599 - 0,258)\left(\frac{40,0628}{1,67} + 0,8\right)} \\
 &= 7,514 \times 10^{-4} \\
 &= 0,7514 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dimana:

$\Delta L$  = pertambahan panjang dari  $L$  (mm)



Perhitungan panjang efektif:

$$\begin{aligned} L_{eff} &= \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{re}}} & (3.5) \\ &= \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,3 \times 10^9 \sqrt{5,0599}} \\ &= 28,9930 \text{ mm} \end{aligned}$$

$L_{eff}$  = panjang efektif (mm)

Setelah mendapatkan nilai  $L_{eff}$  dan  $\Delta L$ , maka dihitunglah panjang *patch* berdasarkan persamaan 3.2.

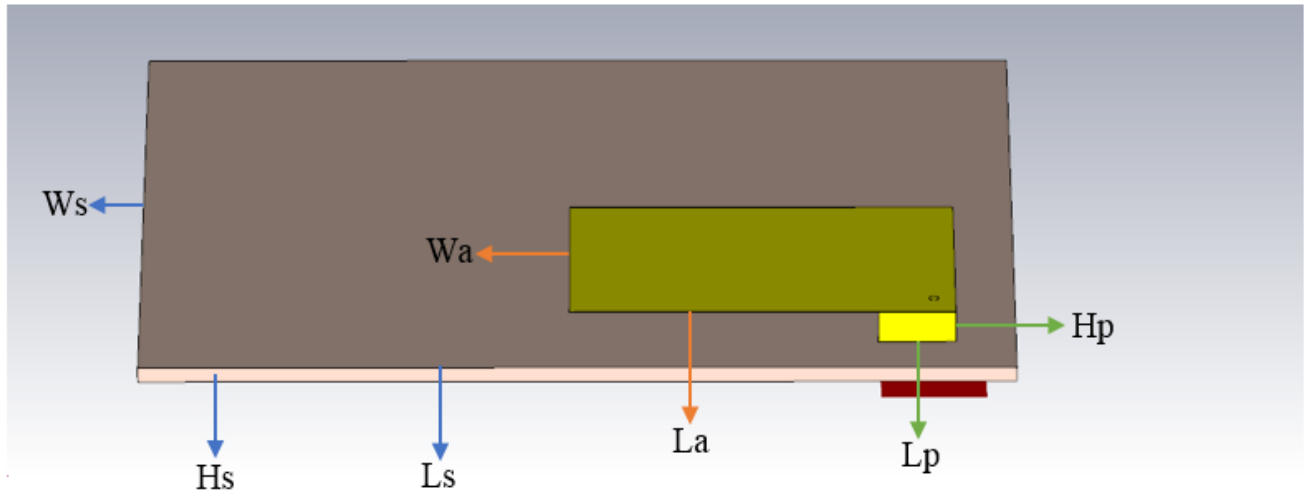
$$\begin{aligned} L &= L_{eff} - 2\Delta L \\ &= 28,9930 - 2(0,7514) \\ &= 27,4902 \text{ mm} \end{aligned}$$

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perancangan Antena Satu Patch

Pada tahap ini akan dibuat struktur antena satu *patch* sebelum dilakukan penambahan antena lainnya. Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan (3.1) sampai dengan (3.5), maka bentuk antena setelah disimulasikan pada *software CST Studio Suite 2017* terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Bentuk antena hasil perhitungan

Keterangan gambar:

$L_s$  = Panjang *substrate* (mm)

$W_s$  = Lebar *substrate* (mm)

$H_s$  = Tebal *substrate* (mm)

$L_a$  = Panjang *patch* (mm)

$W_a$  = Lebar *patch* (mm)

$L_p$  = Panjang *short* (mm)

$H_p$  = Tinggi *short* (mm)

Setelah dilakukan *running* simulasi pada *software CST*, nilai-nilai parameter diperiksa lalu dibandingkan dengan spesifikasi yang diinginkan. Jika tidak sesuai maka dilakukan optimasi pada

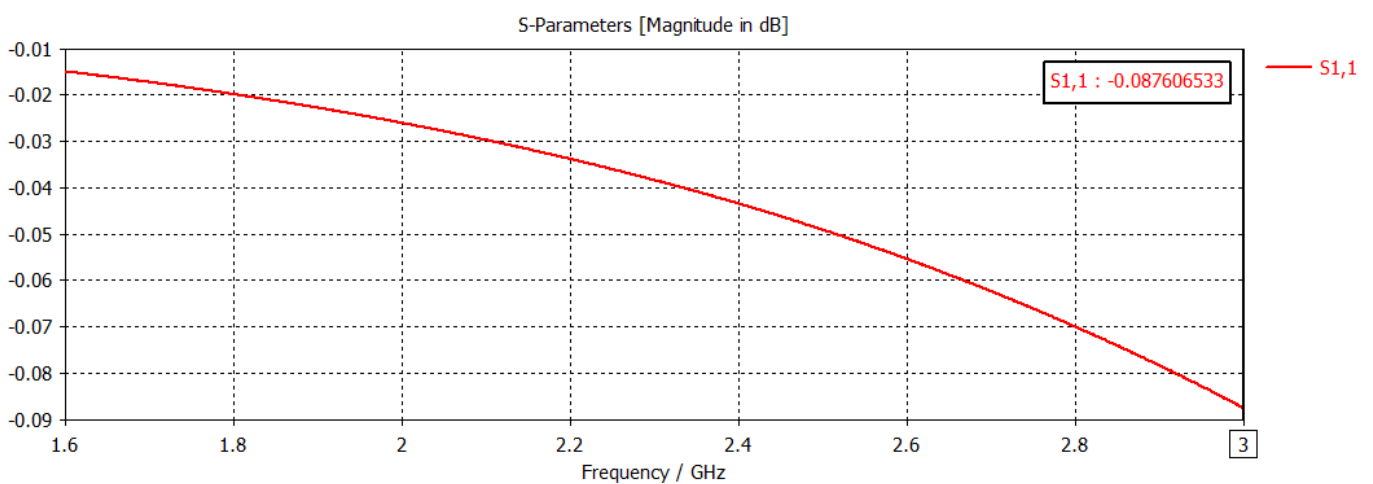
dimensi antenna. Setelah dilakukan optimasi pada dimensinya maka diperoleh ukuran-ukuran dari antenna sebagai berikut:

Tabel 4.1 Tabel dimensi antenna

NO	KOMPONEN	DIMENSI
1	Panjang <i>Substrate</i> (Ls)	91,0117 mm
2	Lebar <i>Substrate</i> (Ws)	76,8368 mm
3	Tebal <i>Substrate</i> (Hs)	3 mm
4	Panjang <i>Patch</i> (La)	40,0627 mm
5	Lebar <i>Patch</i> (Wa)	25,8878 mm
6	Tebal <i>Patch</i> (Ha)	0,1 mm
7	Panjang <i>Short</i> (Lp)	8,0156 mm
8	Tebal <i>Short</i> (Wp)	0,1 mm
9	Tinggi <i>Short</i> (Hp)	6,3915 mm

## 4.2 Hasil Simulasi

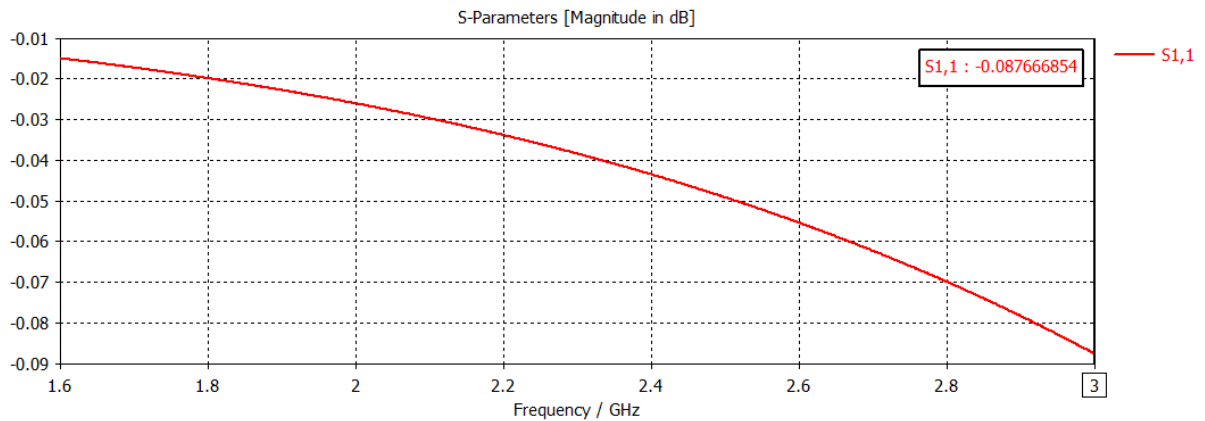
### 4.2.1 Antena Satu Patch



Gambar 4.2 Grafik *return loss* antenna satu patch

Gambar 4.2 merupakan gambar grafik *return loss*. Berdasarkan hasil simulasi, didapat nilai *return loss* sebesar -0,087606533 dB. Hasil ini masih jauh dari nilai spesifikasi yang diinginkan yaitu nilai *return loss*  $\leq$  -10 dB.

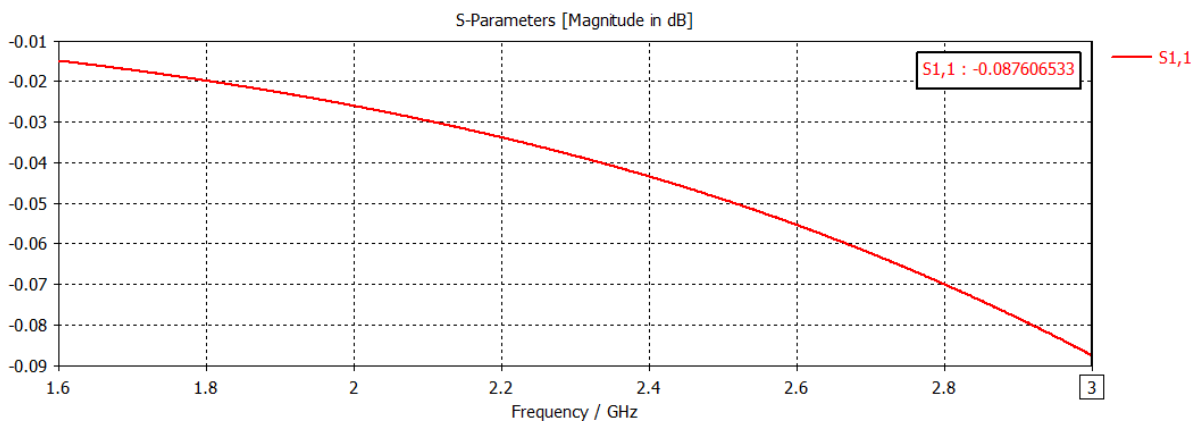
Selain nilai yang tidak sesuai, grafik yang dihasilkan juga tidak terfokus pada frekuensi yang ditetapkan. Oleh karena itu ketinggian *patch* dari *groundplane* akan dimodifikasi untuk melihat apakah ada perubahan pada hasilnya. Tinggi *patch* sebelum dirubah adalah 8 mm dan akan dirubah menjadi 6 mm.



Gambar 4.3 Pengaruh perubahan tinggi *patch* terhadap *return loss*

Dari gambar 4.3 didapat nilasi *return loss* sebesar -0.087666854 dB. Nilai ini lebih kecil dari hasil sebelum tinggi *patch* dirubah walaupun tidak secara signifikan.

Selain tinggi *patch*, lebar *shorting pin* juga dirubah dari 10 mm menjadi 8 mm untuk melihat apakah hasil akhir yang didapat berubah signifikan.



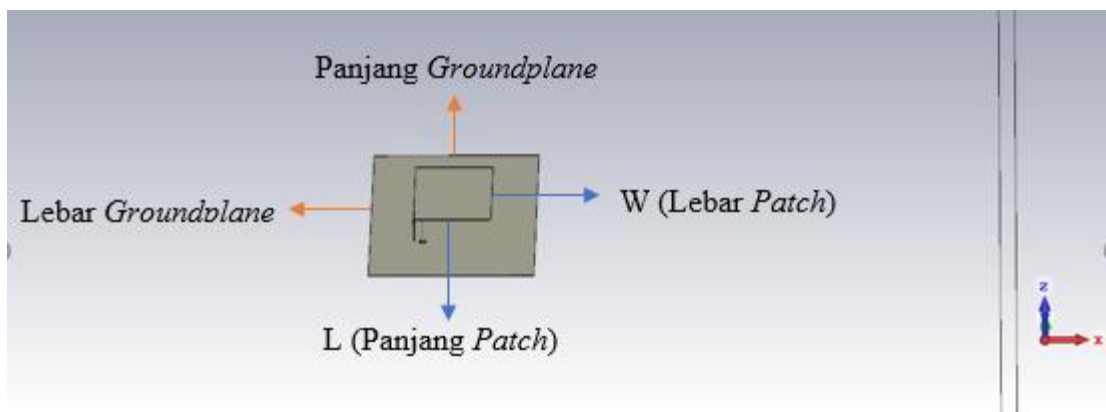
Gambar 4.4 Pengaruh perubahan lebar *shorting pin* terhadap *return loss*

Hasil *return loss* yang didapat dari gambar 4.4 adalah -0.087606533 dB. Nilai ini lebih besar sedikit dari hasil sebelumnya. Setelah tinggi *patch* dan lebar *short* dirubah dapat diketahui bahwa tidak ada perubahan yang signifikan dari hasil *return loss* yang didapat.

Selanjutnya akan dilihat hasil simulasi dari desain yang dirancang menggunakan *Antenna Magus* dengan spesifikasi yang sama dengan yang digunakan pada *CST Studio Suite 2017*.

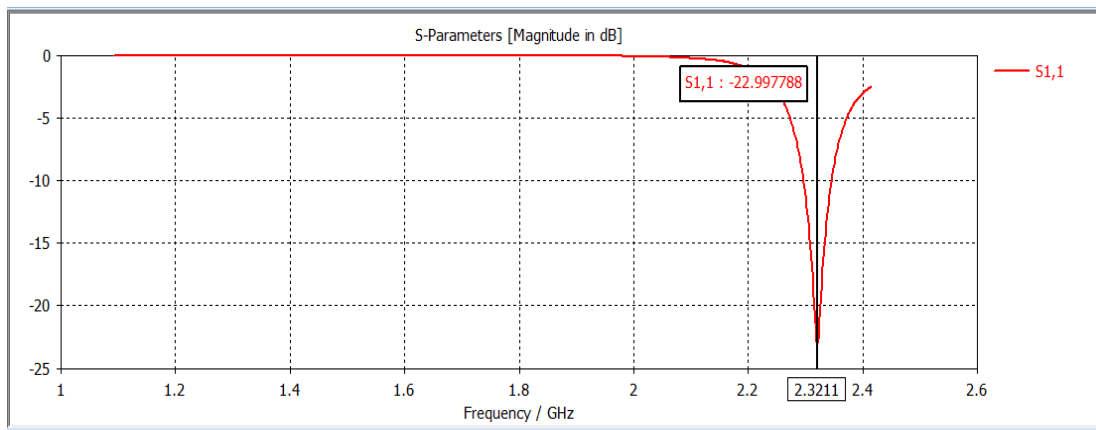


Gambar 4.5 Tampilan parameter *Antenna Magus*



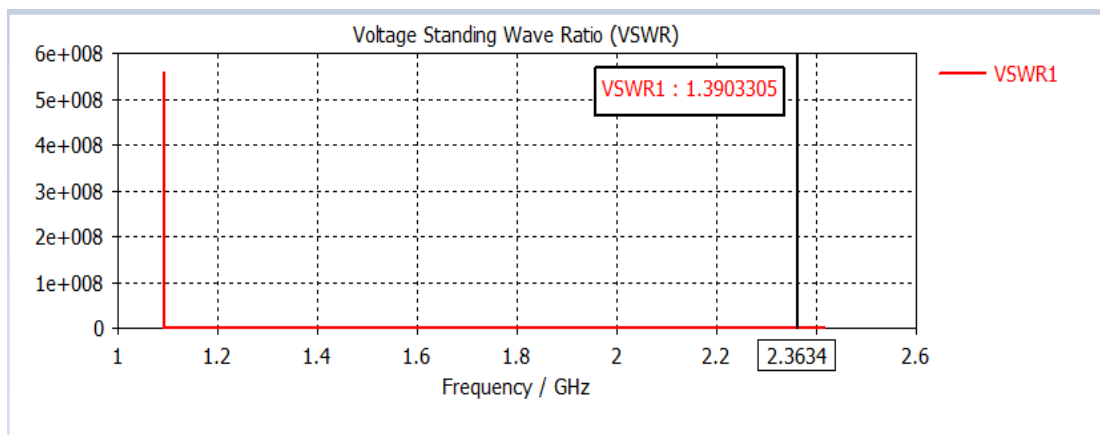
Gambar 4.6 Bentuk antena dari *Antenna Magus*

Gambar 4.5 diatas adalah parameter yang sudah dirubah dan sesuai dengan spesifikasi menggunakan *Antenna Magus* dimana L adalah panjang *patch*, W adalah lebar *patch*, H adalah ketinggian *patch* dari *groundplane*, Wsh adalah lebar *shorting pin*, dan Sf adalah jarak antara *feeder* dengan *shorting pin*. Gambar 4.6 merupakan bentuk model antena dengan satu *patch* yang nantinya akan dibuat menjadi antena LTE MIMO 4×4 PIFA.



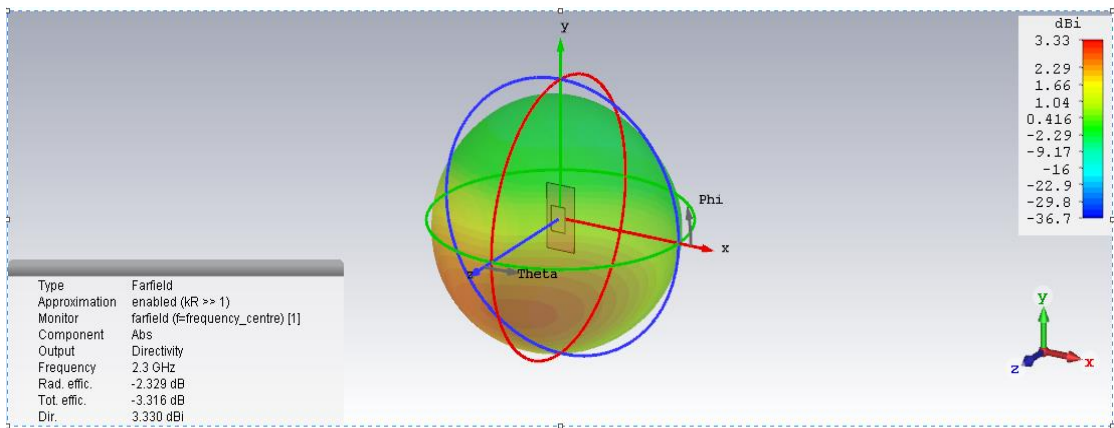
Gambar 4.7 Grafik *return loss* antenna satu *patch* dari *Antenna Magus*

Hasil *return loss* yang didapat adalah -22,997788 dB pada frekuensi 2,3211 GHz. Hasil ini sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu nilai *return loss*  $\leq -10$  dB. Oleh karena itu untuk desain antenna 2 *patch* dan selanjutnya akan digunakan desain dari *Antenna Magus*.

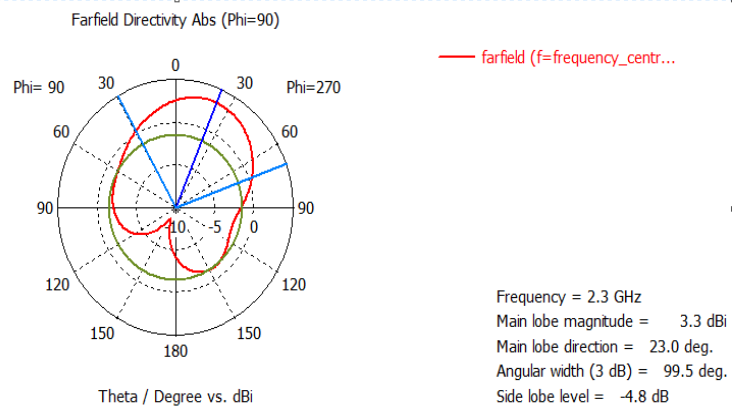


Gambar 4.8 Grafik VSWR antenna satu *patch*

Dari gambar 4.8 didapat nilai VSWR 1,3903305 yang mana sudah memenuhi kriteria spesifikasi yaitu nilai VSWR  $\leq 2$ .



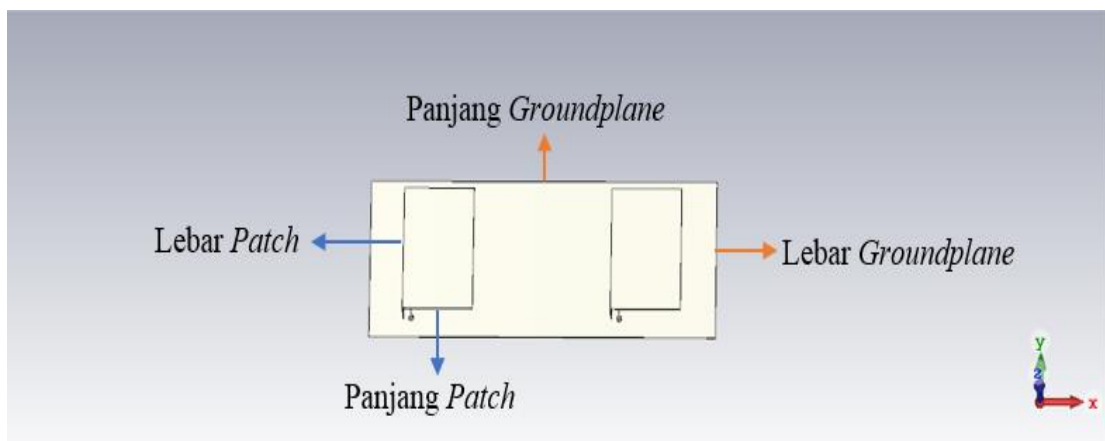
Gambar 4.9 Pola radiasi 3D dan nilai *gain* antenna satu *patch*



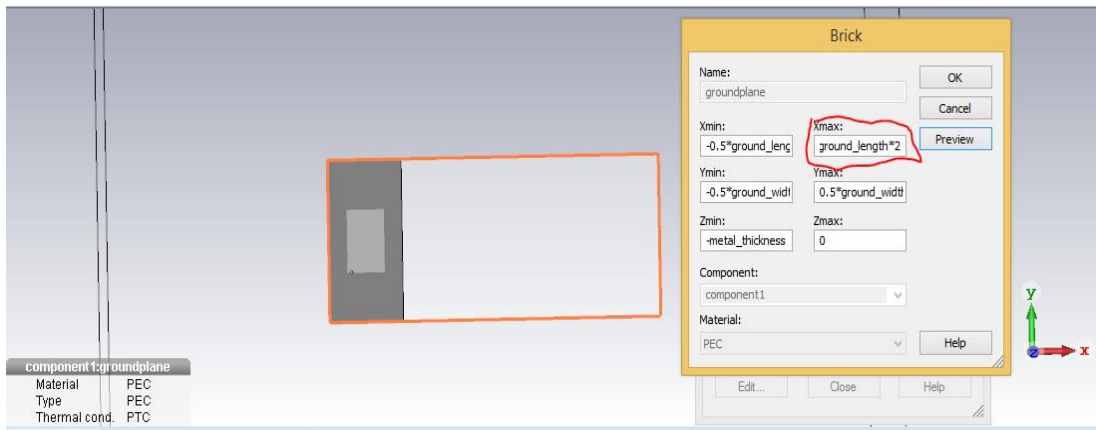
Gambar 4.10 Pola radiasi Azimut antenna satu *patch*

Dari gambar 4.9 didapat hasil *gain* bernilai 3,330 dBi. Hasil ini sudah sesuai dengan nilai spesifikasi yang diinginkan yaitu nilai *gain*  $\geq 2,5$  dBi.

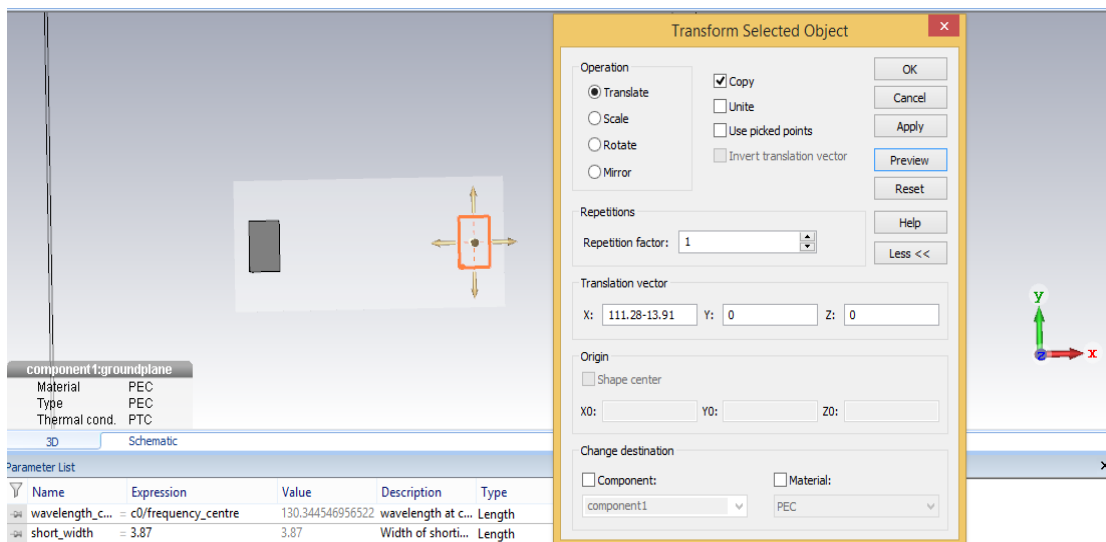
#### 4.2.2 Antena Dua *Patch*



Gambar 4.11 Bentuk antenna dua *patch*



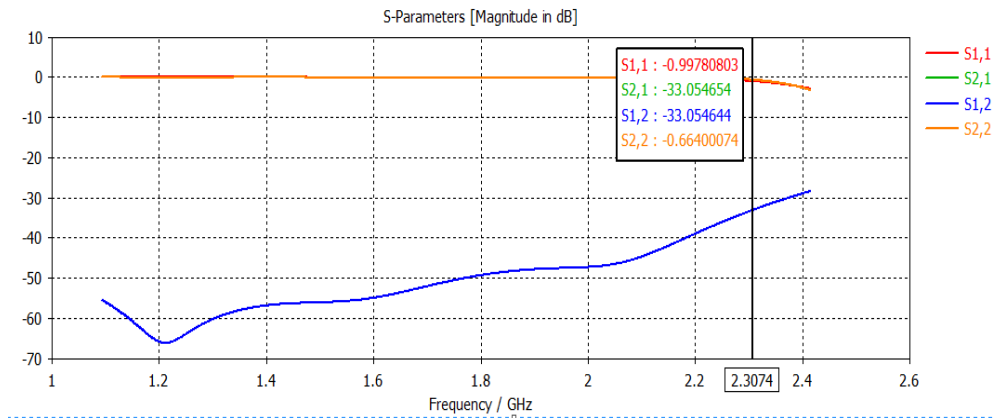
Gambar 4.12 Langkah pertama membuat antenna dua patch



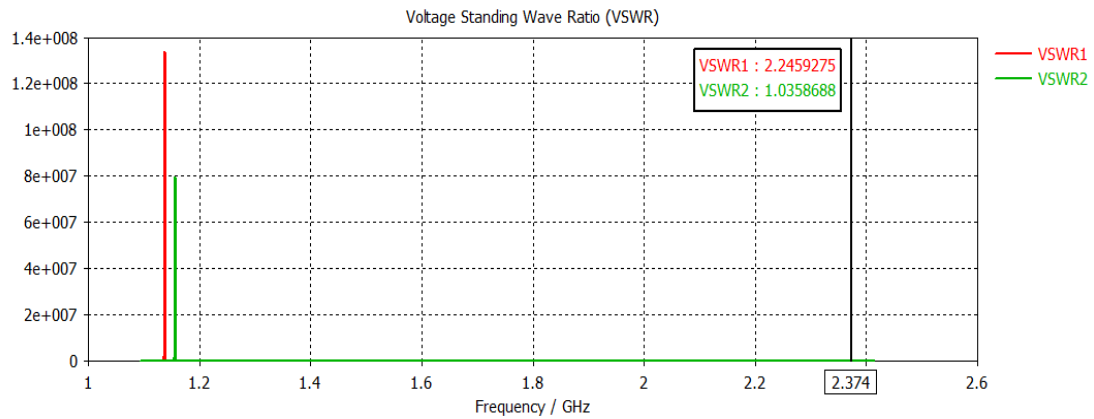
Gambar 4.13 Langkah kedua membuat antenna dua patch

Gambar 4.12 dan 4.13 merupakan langkah-langkah untuk membuat antenna dua patch. Langkah pertama yaitu merubah ukuran panjang *groundplane* menjadi dua kali ukuran awalnya. Langkah selanjutnya yaitu mengklik semua komponen selain *groundplane*, lalu pilih *Transform*, kemudian pilih *Translate* maka akan muncul tabel seperti gambar 4.12 diatas. Pilih *Translate* di pilihan *Operation* lalu *Checklist* di kolom *Copy*. Pada *Translation Vector* kolom X, masukkan nilai 111,28 yang merupakan panjang *groundplane*, dikurangi 13,91 yang merupakan hasil dari  $111,28/4$ , lalu klik OK, hasilnya akan terlihat seperti pada gambar 4.11.





Gambar 4.14 Grafik *return loss* antenna dua *patch*



Gambar 4.15 Grafik VSWR antenna dua *patch*

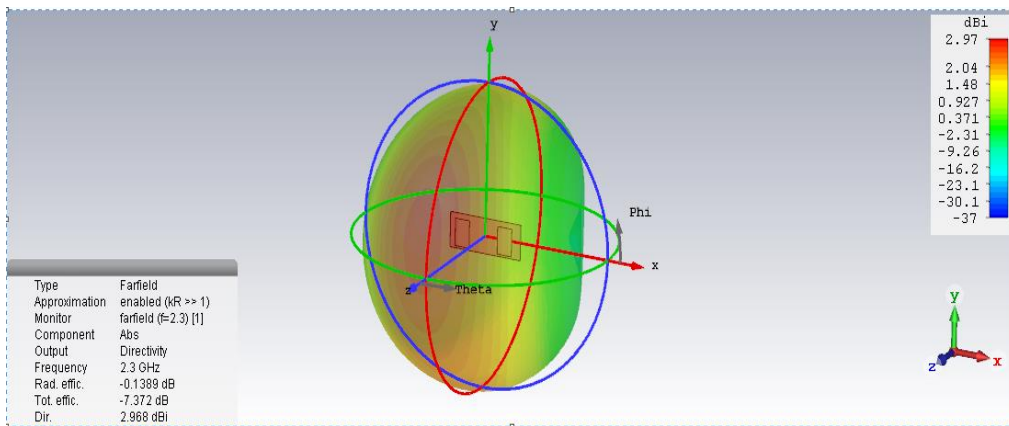
Dari gambar 4.14 didapat hasil *return loss* untuk antenna satu sebesar  $-0,99780803$  dB, hasil ini belum sesuai dengan spesifikasi *return loss* yang diinginkan sedangkan nilai *return loss* antenna dua sudah sesuai yaitu  $-0,66400074$ . Untuk nilai VSWR dari gambar 4.15 juga diketahui bahwa hasil antenna satu belum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Hasil diatas merupakan hasil dari antenna yang belum dioptimasi.

Untuk mendapatkan nilai yang sesuai dengan spesifikasi, maka akan dilakukan optimasi dengan merubah tinggi *patch* dari *groundplane* dan lebar *shorting pin*.

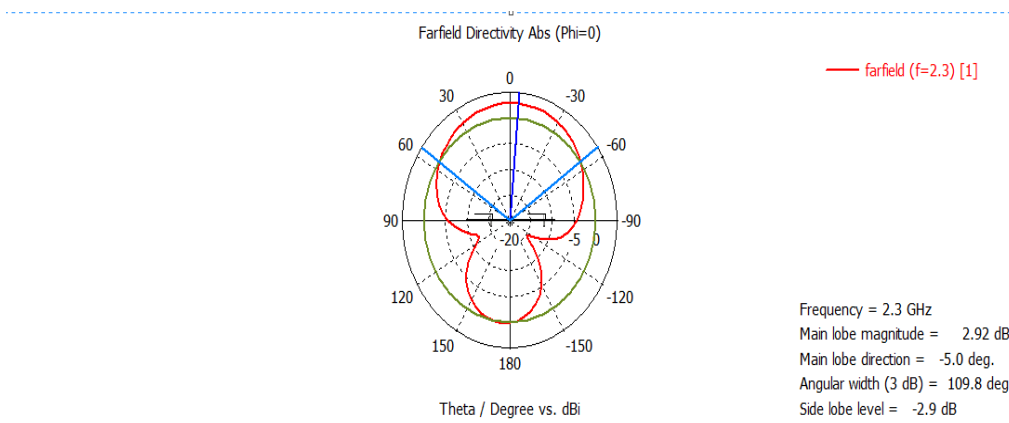
Tabel 4.2 Pengaruh perubahan tinggi *patch* dari *groundplane* dan lebar *shorting pin* terhadap nilai *return loss* dan VSWR

Tinggi Patch (mm)	Lebar Shorting Pin (mm)	Return Loss (dB)		VSWR	
		Antena 1	Antena 2	Antena 1	Antena 2
3,91	3,87	-3,6349275	-4,537339	4,8488479	4,3632021
3,91	4,37	-1,8669061	-1,695019	9,3410588	10,281565
3,91	4,87	-0,9261534	-0,5858277	18,774988	29,666027
4,41	3,87	-4,9552618	-6,7000627	3,6003847	2,720594
4,41	4,37	-2,7292725	-3,0556534	6,4174784	5,7440292
4,41	4,87	-1,5322139	-1,33516	11,367503	13,037785
4,91	3,87	-5,6455467	-10,166287	3,1846907	1,8996241
4,91	4,37	-3,4614421	-4,5609987	5,085015	3,8961114
4,91	4,87	-2,0962476	-2,2700027	8,3275101	7,696782

Hasil yang terbaik didapat ketika tinggi *patch* dari *groundplane* ada pada tinggi *patch* 4,91 mm dengan nilasi *return loss* untuk antena satu sebesar -5,6455467 dB dan antena dua sebesar -10,166287 dB, nilai VSWR untuk antena satu sebesar 3,1846907 dan antena dua sebesar 1,8996241. Dapat diamati bahwa semakin bertambahnya tinggi *patch* dari *groundplane* maka nilai *return loss* yang didapat semakin rendah sedangkan nilai VSWR semakin tinggi. Hasil untuk kedua antena tidak ada yang sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.



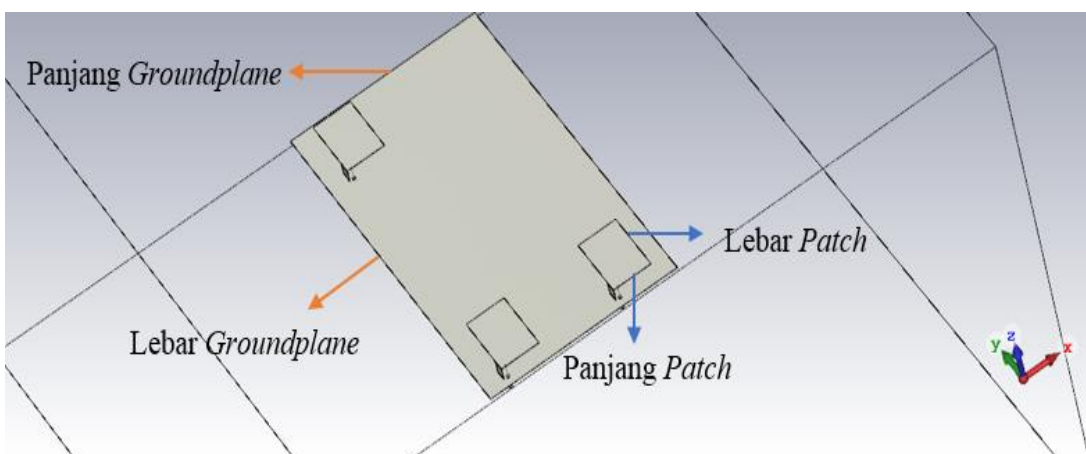
Gambar 4.16 Pola radiasi 3D dan nilai *gain* antenna dua *patch*



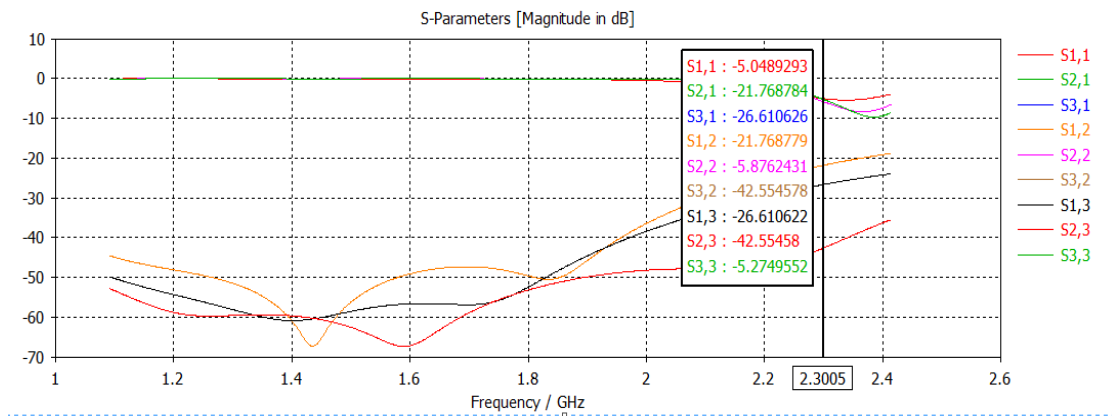
Gambar 4.17 Pola radiasi Azimut antenna dua *patch*

Dari gambar 4.16 diatas didapat hasil *gain* bernilai 2,968 dBi, hasil tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan yaitu nilai *gain*  $\geq 2.5$  dBi.

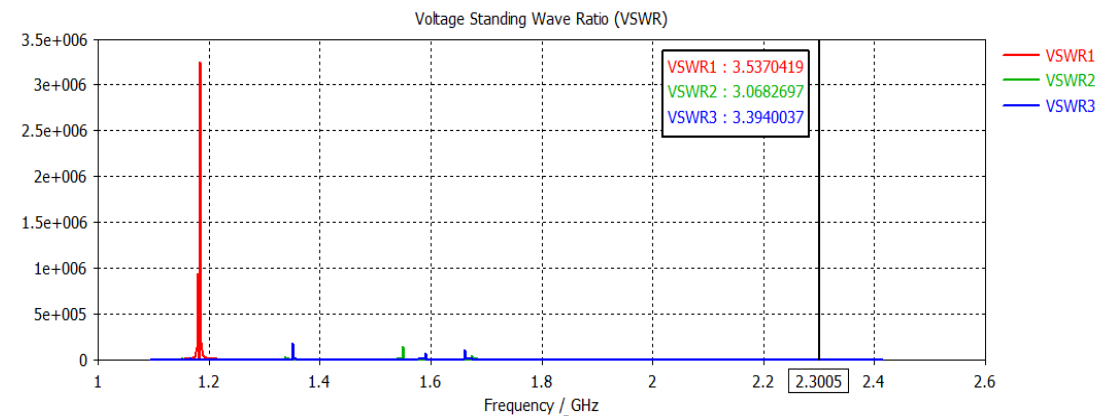
### 4.2.3 Antena Tiga *Patch*



Gambar 4.18 Bentuk desain antenna tiga *patch*



Gambar 4.19 Grafik *return loss* antenna tiga *patch*

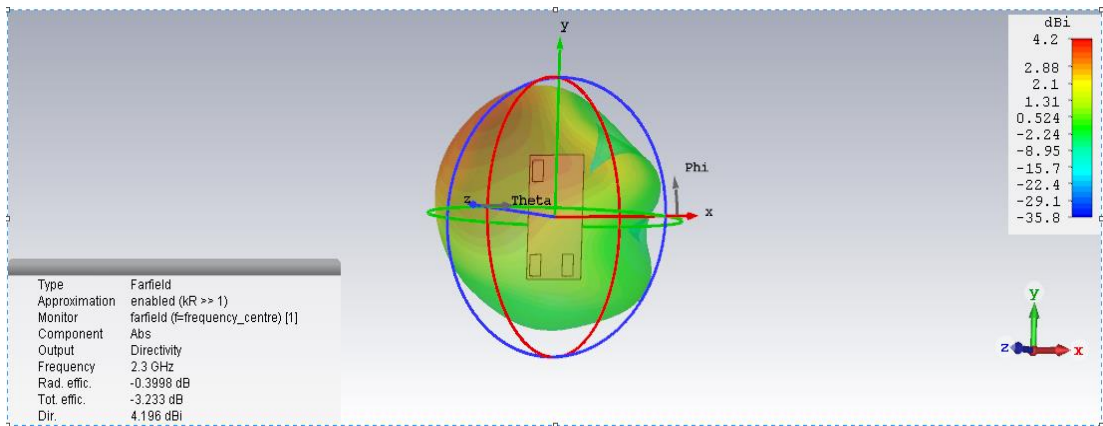


Gambar 4.20 Grafik VSWR antenna tiga *patch*

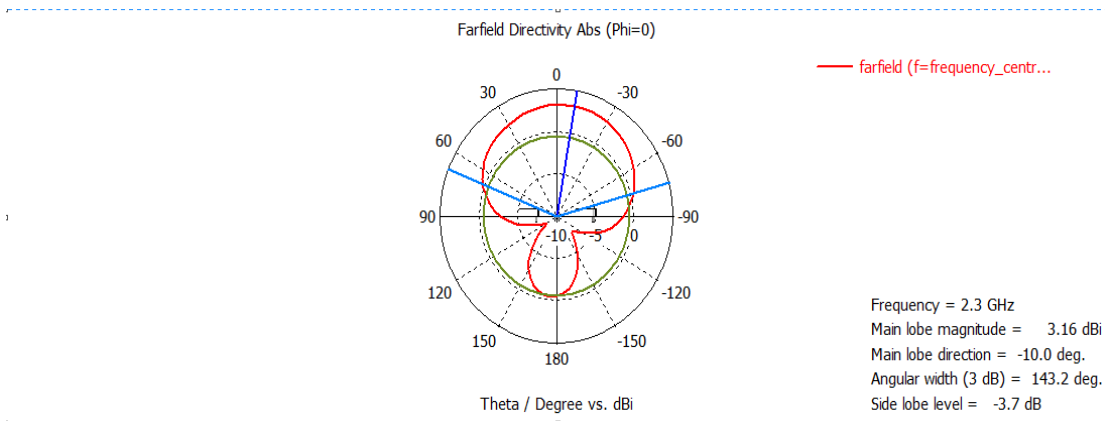
Tabel 4.3 Nilai *return loss* dan VSWR antenna tiga *patch*

	<i>Return Loss</i> (dB)	VSWR
Antena 1 (S1,1)	-5,0489293	3,5370419
Antena 2 (S2,2)	-5,8762431	3,0682697
Antena 3 (S3,3)	-5,2749552	3,3940037

Tabel 4.3 diatas merupakan tabel nilai *return loss* dan VSWR dari antenna dengan tiga *patch* yang telah dioptimasi seperti antenna dengan antenna dua *patch*. Diketahui bahwa tidak ada nilai yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan untuk *return loss* maupun VSWR.



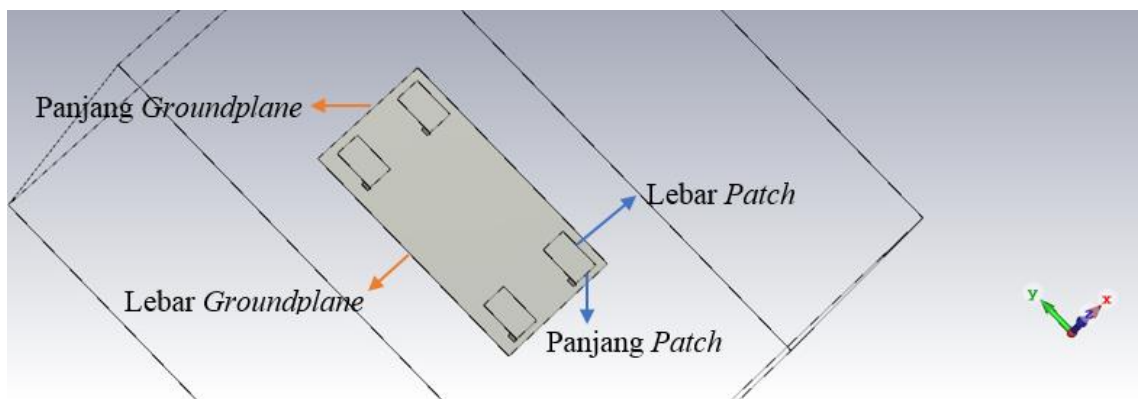
Gambar 4.21 Pola radiasi 3D dan nilai *gain* antenna tiga *patch*



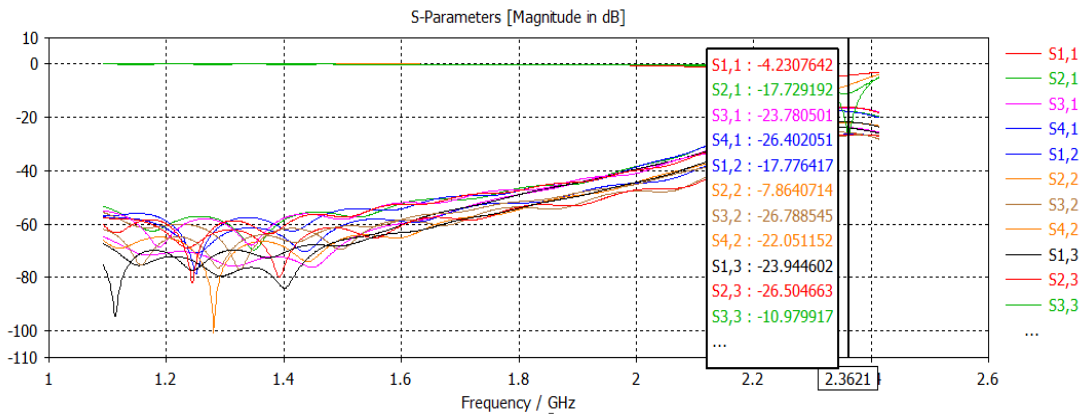
Gambar 4.22 Pola radiasi Azimut antenna tiga *patch*

Dari gambar 4.21 didapat nilai *gain* sebesar 4,196 dBi. Hasil ini sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan yaitu nilai *gain*  $\geq 2,5$  dBi.

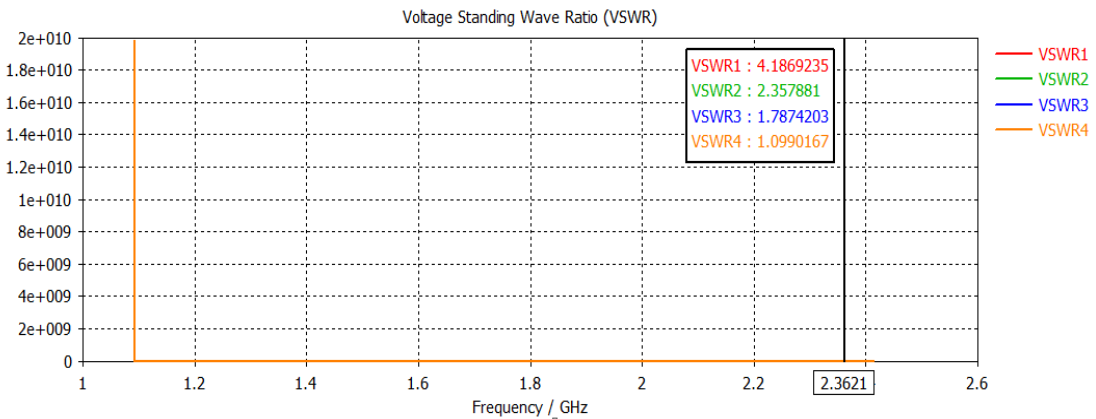
#### 4.2.4 Antena Empat *patch*



Gambar 4.23 Bentuk desain antenna empat *patch*



Gambar 4.24 Grafik *return loss* antenna empat *patch*

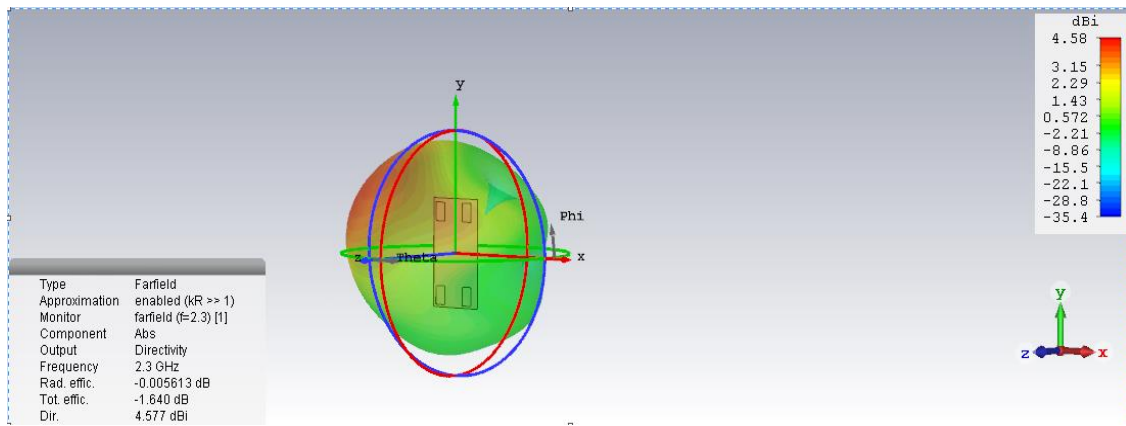


Gambar 4.25 Grafik VSWR antenna empat *patch*

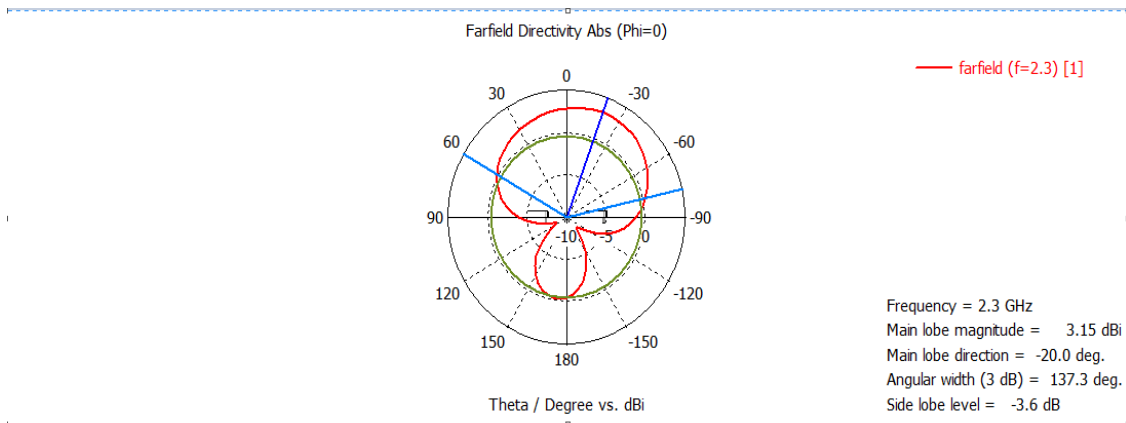
Tabel 4.4 Nilai *return loss* dan VSWR antenna empat *patch*

	<i>Return Loss</i> (dB)	VSWR
Antena 1 (S1,1)	-4,2307642	4,1869235
Antena 2 (S2,2)	-7,8640714	2,357881
Antena 3 (S3,3)	-10,979917	1,7874203
Antena 4 (S4,4)	-26,526145	1,0990167

Tabel 4.4 diatas merupakan tabel nilai *return loss* dan VSWR dari antenna dengan empat *patch* yang telah dioptimasi. Diketahui bahwa dari semua nilai tersebut hanya antenna 3 (S3,3) dan 4 (S4,4) yang memenuhi spesifikasi nilai *return loss*  $\leq -10$  dB dan VSWR  $\leq 2$ .



Gambar 4.26 Pola radiasi 3D dan nilai *gain* antenna empat *patch*



Gambar 4.27 Pola radiasi Azimut antenna empat *patch*

Dari gambar 4.26 diatas didapat nilai *gain* sebesar 4,577 dBi. Hasil ini sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan yaitu nilai *gain*  $\geq 2,5$  dBi.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Antena LTE MIMO 4×4 PIFA yang dirancang memiliki dimensi akhir *groundplane*  $69,55 \times 125,19 \times 0,13 \text{ mm}^3$ , dimensi *patch*  $13,91 \times 21,57 \text{ mm}^2$  dengan tinggi *patch* dari *groundplane* 3,91 mm. Perancangan menggunakan *software* CST *studio suite* 2017 dan *Antenna Magus*.
2. Antena LTE MIMO 4×4 PIFA yang telah dirancang memiliki hasil nilai *return loss*  $\leq -10 \text{ dB}$  dan *VSWR*  $\leq 2$  untuk antena tiga dan empat (S3,3 dan S4,4), sedangkan antena satu dan dua (S1,1 dan S2,2) tidak memenuhi spesifikasi yang diinginkan, nilai *gain* yang didapat adalah 4,577 dBi yang mana sudah memenuhi spesifikasi nilai *gain* yaitu  $\geq 2,5 \text{ dBi}$ .
3. Hasil pengukuran antena masih tidak ada yang sesuai dengan spesifikasi dikarenakan berbagai hal, seperti pemilihan material bahan yang tidak sesuai, ukuran dimensi yang terlalu besar, dan penyusunan antena yang dilakukan secara manual.
4. Optimasi dilakukan dengan cara merubah ketinggian *patch* dari *groundplane* dan merubah panjang *short* untuk mencari hasil yang sesuai dengan spesifikasi.
5. Antena yang telah dirancang tidak memenuhi spesifikasi dan tidak dapat digunakan pada *handset mobile*.

#### 5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya gunakan model lain selain model konvensional.
2. Untuk penelitian selanjutnya lebih baik realisasikan antena yang telah didesain.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Fauzi, G. S. Harly, and H. S. Hanrais, "Analisis Penerapan Teknologi Jaringan LTE 4G di Indonesia." Institut Manajemen Telkom Bandung.
- [2] R. Sanusi, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "Implementasi dan Analisis Antena PIFA MIMO 4 X 4 untuk Aplikasi Handset TDD-LTE pada Frekuensi 2.3 GHz - 2.6 GHz." Universitas Telkom.
- [3] G. L. Gaol, B. Prasetya, and Y. Wahyu, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO 3X3 pada Frekuensi 2,6-2,7 GHz." Universitas Telkom.
- [4] L. Yang, T. Li, and S. Yan, "Highly Compact MIMO Antenna System for LTE/ISM Applications," *Int. J. Antennas Propag.*, vol. 2015.
- [5] I. Gemiharto, "Teknologi 4g-lte Dan Tantangan Konvergensi Media Di Indonesia," *J. Kaji. Komun.*, vol. 3, no. 2, pp. 212–220, 2015.
- [6] E. Biglieri, R. Calderbank, A. Constantinides, A. Goldsmith, A. Paulraj, and H. V. Poor, *MIMO Wireless Communications*. Cambridge.
- [7] A. Nasri and A. Benfetima, "Study and simulation of the transmit diversity technique in LTE systems," PhD Thesis, 2017.
- [8] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*. John Wiley & Sons, 2012.
- [9] B. T. P. Madhav, V. Pisipati, H. Khan, and P. D. Prasad, "Shorting plate planar inverted folded antenna on LC substrate for Bluetooth application," *J. Eng. Sci. Technol. Rev.*, vol. 5, no. 2, pp. 42–45, 2012.
- [10] "S-Parameters for Antennas (S11, S12, ...)." [Online]. Available: <http://www.antenna-theory.com/definitions/sparameters.php>. [Accessed: 16-Apr-2018].
- [11] "VSWR." [Online]. Available: <http://www.antenna-theory.com/definitions/vswr.php>. [Accessed: 16-Apr-2018].