

**PERANCANGAN ANTENA 3D SERTA PENGARUH JUMLAH *SEED*  
(*PATCH*) TERHADAP PERFORMANSI ANTENA PADA FREKUENSI  
KERJA 2.4 GHz**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ONANG KARIM AMRULLAH**  
**NIM. 145060300111018**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2018**



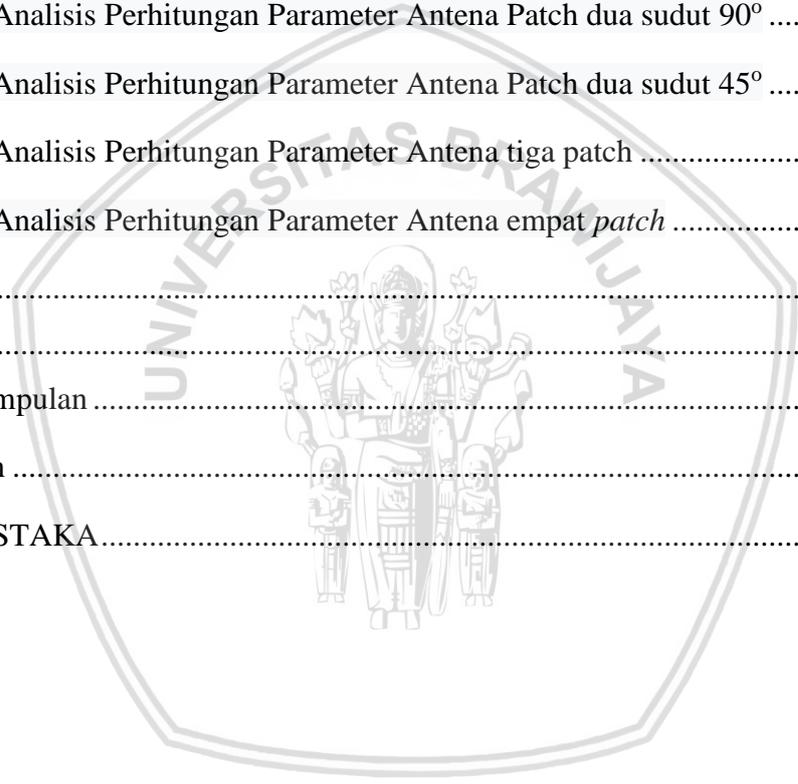
## DAFTAR ISI

PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Wireless Local Area Network (WLAN).....	5
2.2. Dasar Antena.....	6
2.3. Parameter Antena.....	6
2.3.1. Impedansi Terminal Antena .....	6
2.3.2. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) .....	7
2.3.3. Return Loss (RL).....	8
2.3.4. Bandwidth.....	9
2.3.5. Gain .....	9
2.3.6. <i>Directivity</i> (Keterarahan).....	10
2.3.7. Polarisasi.....	11
2.3.8. Pola Radiasi .....	12



2.3.9.	Daya Antena .....	13
2.4.	Antena Planar <i>Monopole</i> .....	14
2.4.1.	Bentuk umum antena planar .....	14
2.4.2.	Rumus Umum Dimensi <i>Patch</i> Antena Planar <i>Monopole</i> .....	15
2.4.3.	Antena planar monopole rugby ball .....	16
BAB III.....		21
METODE PENELITIAN .....		21
3.1.	Umum .....	21
3.2.	Studi Literatur.....	21
3.3.	Pengumpulan Data.....	22
3.3.1.	Data Primer .....	22
3.3.2.	Data Sekunder .....	22
3.4.	Perancangan dan Simulasi dengan menggunakan <i>Software CST Studio Suite 2014</i> .....	22
3.5.	Analisis Performansi Antena 3D serta Pengaruh Jumlah <i>Seed (Patch)</i> terhadap Performansi Antena pada Frekuensi Kerja 2.4 GHz .....	25
3.6.	Pengambilan Kesimpulan, Dokumentasi, dan Saran.....	25
BAB IV .....		26
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		26
4.1.	Tinjauan Umum .....	26
4.2.	Perencanaan dimensi patch dan ground plane .....	26
4.3.	Perancangan dan performansi dasar antena 3D .....	27
4.4.	Optimasi Dasar Antena 3D.....	28
4.5.	Desain dasar antena 3D setelah optimasi .....	33
4.6.	Penambahan Patch.....	34
4.6.1.	Penambahan <i>Patch (Seed)</i> sebanyak satu buah dengan sudut 90° .....	34

4.6.2.	Penambahan <i>Patch (Seed)</i> sebanyak satu buah dengan sudut $45^\circ$ .....	39
4.6.3.	Penambahan <i>Patch (Seed)</i> sebanyak dua buah.....	43
4.6.4.	Penambahan <i>Patch (Seed)</i> sebanyak tiga buah.....	48
4.7.	Analisis hasil perbandingan perancangan antena .....	52
4.8.	Analisis perhitungan parameter – parameter antenna.....	54
4.8.1.	Analisis Perhitungan Parameter Antena Patch satu.....	55
4.8.2.	Analisis Perhitungan Parameter Antena Patch dua sudut $90^\circ$ .....	60
4.8.3.	Analisis Perhitungan Parameter Antena Patch dua sudut $45^\circ$ .....	64
4.8.4.	Analisis Perhitungan Parameter Antena tiga patch .....	69
4.8.5	Analisis Perhitungan Parameter Antena empat <i>patch</i> .....	73
BAB V	.....	77
PENUTUP	.....	77
5.1.	Kesimpulan .....	77
5.2.	Saran .....	70
DAFTAR PUSTAKA	.....	71





## DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2.2</i>	Bentuk umum antena planar <i>monopole</i> .....	15
<i>Gambar 2.3</i>	Patch elips.....	16
<i>Gambar 2.4</i>	Bentuk antena rugby ball.....	17
<i>Gambar 2.5</i>	VSWR antena <i>rugby ball</i> .....	17
<i>Gambar 2.6</i>	Impedansi masukan antena <i>rugby ball</i> .....	18
<i>Gambar 3.2</i>	Diagram alir perancangan antena 3D dengan jumlah patch berbeda .....	23
<i>Gambar 4.1</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> sebelum optimasi. ....	27
<i>Gambar 4.3</i>	Gambar 4.3 Grafik VSWR antena <i>rugby ball</i> .....	28
<i>Gambar 4.4</i>	Bentuk <i>ground plane</i> antena <i>rugby ball</i> yang akan dioptimasi. ....	29
<i>Gambar 4.5</i>	Grafik VSWR antena rugby ball optimasi <i>ground plane</i> .....	30
<i>Gambar 4.7</i>	Grafik VSWR antena <i>rugby ball</i> optimasi <i>ground plane</i> dan <i>patch</i> .....	31
<i>Gambar 4.8</i>	Grafik perbandingan VSWR antena <i>rugby ball</i> sebelum optimasi, sesudah optimasi <i>ground plane</i> , dan sesudah optimasi <i>ground plane</i> dan <i>patch</i> . .	32
<i>Gambar 4.9</i>	Grafik <i>Return Loss</i> antena <i>rugby ball</i> dengan optimasi <i>ground plane</i> dan <i>patch</i> . ....	32
<i>Gambar 4.10</i>	Grafik <i>Gain</i> antena <i>rugby ball</i> dengan optimasi <i>ground plane</i> dan <i>patch</i> . 32	
<i>Gambar 4.11</i>	Gambar Pola radiasi antena <i>rugby ball</i> dengan optimasi <i>ground plane</i> dan <i>patch</i> .....	33
<i>Gambar 4.12</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> setelah optimasi.....	33
<i>Gambar 4.13</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> setelah menjadi dua patch sudut 90° .....	34
<i>Gambar 4.14</i>	Grafik VSWR antena dua patch sudut 90° menggunakan dimensi optimasi antena <i>rugby ball</i> . ....	35
<i>Gambar 4.15</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> dua patch sudut 90° setelah optimasi.....	37
<i>Gambar 4.16</i>	Grafik VSWR antena dua patch sudut 90° setelah dioptimasi .....	37
<i>Gambar 4.17</i>	Grafik <i>Return Loss</i> antena dua patch sudut 90° setelah dioptimasi. ....	38
<i>Gambar 4.18</i>	Grafik <i>Gain</i> antena dua <i>patch</i> sudut 90° setelah dioptimasi. ....	38
<i>Gambar 4.19</i>	Grafik Pola radiasi antena dua <i>patch</i> sudut 90° setelah dioptimasi.....	38
<i>Gambar 4.20</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> setelah menjadi dua patch sudut 45° .....	39



<i>Gambar 4.21</i>	Grafik VSWR antena dua patch sudut $45^\circ$ menggunakan dimensi optimasi antena <i>rugby ball</i> . .....	40
<i>Gambar 4.22</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> dua patch sudut $45^\circ$ setelah optimasi .....	41
<i>Gambar 4.23</i>	Grafik VSWR antena dua patch sudut $45^\circ$ setelah dioptimasi.....	42
<i>Gambar 4.24</i>	Grafik <i>Return Loss</i> antena dua patch sudut $45^\circ$ setelah dioptimasi. ....	42
<i>Gambar 4.26</i>	Grafik Pola radiasi antena dua patch sudut $45^\circ$ setelah dioptimasi.....	43
<i>Gambar 4.27</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> setelah menjadi tiga <i>patch</i> .....	44
<i>Gambar 4.28</i>	Grafik VSWR antena tiga <i>patch</i> setelah menggunakan dimensi optimasi antena <i>rugby ball</i> . .....	44
<i>Gambar 4.29</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> tiga <i>patch</i> setelah optimasi .....	46
<i>Gambar 4.30</i>	Grafik VSWR antena tiga <i>patch</i> setelah dioptimasi.....	47
<i>Gambar 4.31</i>	Grafik <i>Return Loss</i> antena tiga <i>patch</i> setelah dioptimasi. ....	47
<i>Gambar 4.32</i>	Grafik <i>Gain</i> antena tiga <i>patch</i> setelah dioptimasi.....	47
<i>Gambar 4.33</i>	Grafik Pola radiasi antena tiga <i>patch</i> setelah dioptimasi.....	48
<i>Gambar 4.34</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> setelah menjadi empat <i>patch</i> .....	48
<i>Gambar 4.35</i>	Grafik VSWR antena tiga <i>patch</i> menggunakan dimensi optimasi antena <i>rugby ball</i> .....	49
<i>Gambar 4.36</i>	Bentuk Antena <i>Rugby Ball</i> empat <i>patch</i> setelah optimasi.....	51
<i>Gambar 4.37</i>	Grafik VSWR antena empat <i>patch</i> setelah dioptimasi. ....	51
<i>Gambar 4.38</i>	Grafik <i>Return Loss</i> antena empat <i>patch</i> setelah dioptimasi.....	51
<i>Gambar 4.39</i>	Grafik <i>Gain</i> antena tiga <i>patch</i> setelah dioptimasi. ....	52
<i>Gambar 4.40</i>	Grafik Pola Radiasi antena tiga <i>patch</i> setelah dioptimasi. ....	52
<i>Gambar 4.41</i>	Grafik perbandingan VSWR seluruh antena. ....	53
<i>Gambar 4.42</i>	Grafik perbandingan <i>Return Loss</i> seluruh antena.....	54
<i>Gambar 4.43</i>	Grafik perbandingan <i>Gain</i> seluruh antena.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan 802.11a, 802,11b, dan 802.11g .....	5
Tabel 2. 2 Dimensi Antena <i>Rugby Ball</i> .....	17
Tabel 4. 1 Dimensi Antena .....	27
Tabel 4. 2 VSWR dan Gain antena <i>rugby ball</i> .....	28
Tabel 4. 3 Optimasi antena <i>rugby ball</i> melalui <i>ground plane</i> .....	29
Tabel 4. 4 Optimasi antena <i>rugby ball</i> melalui <i>patch</i> bagian atas.....	30
Tabel 4. 5 VSWR dan <i>Gain</i> antena <i>rugby ball</i> sebelum optimasi, sesudah optimasi <i>ground plane</i> , dan sesudah optimasi <i>ground plane</i> dan <i>patch</i> .....	31
Tabel 4. 6 Dimensi antena <i>rugby ball</i> setelah optimasi.....	33
Tabel 4. 7 Dimensi antena <i>rugby ball</i> dua patch sudut 90° .....	34
Tabel 4. 8 VSWR dan <i>Gain</i> antena <i>rugby ball</i> dua patch (seed) sudut 90° .....	35
Tabel 4. 9 Optimasi antena <i>rugby ball</i> dua patch sudut 90° melalui <i>ground plane</i> .....	35
Tabel 4. 10 Optimasi antena <i>rugby ball</i> dua patch sudut 90° melalui <i>patch</i> .....	36
Tabel 4. 11 Dimensi antena <i>rugby ball</i> dua patch sudut 90° sesudah optimasi .....	37
Tabel 4. 12 Dimensi antena <i>rugby ball</i> dua patch sudut 45°.....	39
Tabel 4. 13 VSWR dan <i>Gain</i> dua patch (seed) sudut 45° .....	39
Tabel 4. 14 Optimasi antena <i>rugby ball</i> dua patch sudut 45° melalui <i>ground plane</i> .....	40
Tabel 4. 15 Optimasi antena <i>rugby ball</i> dua patch sudut 45° melalui <i>patch</i> .....	41
Tabel 4. 16 Dimensi antena <i>rugby ball</i> dua patch sudut 45° sesudah optimasi .....	42
Tabel 4. 17 Dimensi antena <i>rugby ball</i> tiga patch.....	44
Tabel 4. 18 VSWR dan <i>Gain</i> antena <i>rugby ball</i> tiga patch (seed) .....	44
Tabel 4. 19 Optimasi antena <i>rugby ball</i> tiga patch melalui <i>ground plane</i> .....	45
Tabel 4. 20 Optimasi antena <i>rugby ball</i> tiga patch melalui <i>patch</i> .....	45
Tabel 4. 21 Dimensi antena <i>rugby ball</i> tiga patch sesudah optimasi .....	46
Tabel 4. 22 Dimensi antena <i>rugby ball</i> empat patch .....	48
Tabel 4. 23 VSWR dan Gain antena <i>rugby ball</i> empat patch (seed).....	49
Tabel 4. 24 Optimasi antena <i>rugby ball</i> empat patch melalui <i>ground plane</i> .....	49
Tabel 4. 25 Optimasi antena <i>rugby ball</i> empat patch melalui <i>patch</i> .....	50



Tabel 4. 26 Perbandingan dimensi antena yang dapat bekerja dengan optimal pada frekuensi 2.4GHz ..... 52

Tabel 4. 27 Perbandingan performansi antena yang dapat bekerja dengan optimal pada frekuensi 2.4GHz ..... 53



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Langkah – langkah perancangan Antena .....	73
Lampiran 1. Hasil simulasi perancangan Antena .....	87



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Antena planar merupakan pengembangan dari antena mikrostrip. Antena planar memiliki struktur fisik yang lebih sederhana dari mikrostrip, struktur fisik dari antena planar terdiri dari *patch* dan *groundplane*. Antena ini merupakan antena 2D dikarenakan *patch* antena ini hanya berjumlah satu dan koordinatnya hanya satu, sedangkan untuk penamaan antena 3D adalah *patch* antena yang berjumlah lebih dari satu dan koordinatnya bervariasi. Sehingga antena ini memiliki *patch* yang berjumlah lebih dari satu. Penamaan *patch* yang berada di koordinat selain koordinat x dan koordinat y selanjutnya akan dinamakan sebagai *seed*.

Penambahan *patch* atau *seed* ini akan berdampak terhadap performansi dari antena ini sendiri. Pada jurnal “Analisis Antena Mikrostrip Array Bentuk Lingkaran dan Persegi Panjang Menggunakan Aplikasi Simulasi Untuk LTE frekuensi 2.3GHz” yang dirilis oleh Rio Juli Hendra, *patch* akan meradiasikan gelombang elektromagnetik, dan apabila kita menambah *patch* akan menambah *gain* antena, menurunkan VSWR dan *return loss*, dan dapat menjadikan pola radiasi dari antena menjadi *isotropis* ataupun *omnidirectional* (Rio, Juli Hendra 2015). Atas dasar inilah penulis ingin menambahkan jumlah *Patch (Seed)*, Antena supaya mengetahui apakah penambahan jumlah *Patch (seed)* tersebut dapat meningkatkan *Gain* serta mengetahui apa pengaruhnya terhadap performansi dari antena itu sendiri. Pola radiasi *isotropis* biasa digunakan untuk aplikasi Wi-Fi. Dimana frekuensi yang digunakan oleh Wi-Fi adalah 2.4 GHz atau 5 GHz. Tetapi di Indonesia masih menggunakan frekuensi 2.4 GHz sebagai frekuensi dari Wi-Fi. Hal ini dikarenakan peraturan resmi dari pemerintah tentang alokasi penggunaan frekuensi Wi-Fi.

Pada umumnya penggunaan antena planar dialokasikan untuk frekuensi untuk UHF yang digunakan untuk siaran televisi dan berada di frekuensi 300 MHz sampai dengan 800 MHz. Antena planar juga pada umumnya dirancang menggunakan bahan aluminium, *patch* berjumlah satu sehingga hanya berada di koordinat x dan koordinat y sehingga dapat disebut antena 2D. Antena Novel Rugby Ball pada umumnya digunakan untuk aplikasi Ultra Wide Band (UWB) dengan rentang frekuensi 0.7GHz sampai dengan 9.7GHz. Namun disini penulis ingin merancang antena planar dengan menambahkan jumlah *seed patch (3D)* yang

dapat bekerja pada frekuensi 2.4 GHz, sehingga kita dapat mengetahui desain, ukuran dimensi, jumlah *seed patch* yang dapat digunakan pada frekuensi 2.4 GHz untuk antenna 3D, dan pengaruh jumlah *seed patch* yang digunakan terhadap performansi dari antenna.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana desain antenna 3D yang dirancang untuk frekuensi 2.4 GHz?
2. Bagaimana pengaruh ukuran dimensi antenna 3D terhadap performansi antenna?
3. Bagaimana pengaruh jumlah *seed* antenna terhadap performansi antenna?

### 1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan diatas, maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Antena berkerja difrekuensi 2.4 GHz.
2. Material yang digunakan adalah alumunium (Al).
3. Ketebalan material yang digunakan untuk Alumunium adalah 2 mm.
4. *Software* yang digunakan oleh penulis adalah CST *Studio Suite* 2014.
5. Rumus-rumus yang digunakan adalah rumus jadi yang dikutip dari referensi.
6. Menggunakan VSWR, *return loss*, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi sebagai parameter-parameter dari antenna.

### 1.4. Tujuan

Adapun tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah untuk merancang antenna 3D serta mengetahui pengaruh jumlah *seed (patch)* terhadap performansi antenna pada frekuensi kerja 2.4 GHz yang meliputi VSWR, *return loss*, *bandwidth*, *gain*, dan pola radiasi.

### **1.5. Sistematika Penulisan**

Sistematika yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas tentang dasar teori yang berhubungan dengan antena beserta parameternya, material bahan – bahan antena.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Membahas metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini, seperti membahas perancangan *Antena* dan diagram alir (*Flow Chart*) dan pembahasannya yang disusun untuk menjawab rumusan masalah.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Membahas tentang material yang digunakan, pengumpulan data dari antena yang disimulasikan, serta menganalisis data dari hasil yang didapat.

#### **BAB V PENUTUP**

Berisi kesimpulan dari hasil analisis data yang diperoleh dan saran untuk mengembangkan penelitian ini.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Wireless Local Area Network (WLAN)

*Wireless Local Area Network* merupakan teknologi telekomunikasi yang dapat memudahkan pengguna telekomunikasi men-*transfer* atau memindahkan data seperti *file* antara satu *device* ke *device* lainnya. WLAN menyediakan kecepatan akses yang tinggi dengan jarak yang terbatas. WLAN merupakan sistem telekomunikasi yang menggunakan udara sebagai saluran transmisinya. Sehingga *Wireless Local Area Network* ini memiliki fleksibilitas, mobilitas yang tinggi dan mengurangi pemakaian kabel.

*Wireless Local Area Network* ini mayoritas menggunakan standar IEEE 802.11 (a/b/g). Perbedaan antara standar ini adalah kapasitas maksimal dari tiap standarnya. Standar 802.11b dan 802.11g bekerja pada frekuensi 2.4 Ghz, untuk 802.11a bekerja pada frekuensi 5 Ghz. Untuk kapasitas maksimal dari 802.11b adalah 11 Mbps, 802.11g sebesar 54 Mbps, sedangkan untuk 802.11a adalah 54Mbps.

Tabel 2. 1 Perbandingan 802.11a, 802,11b, dan 802.11g

<i>Product</i>	<i>Spectrum</i>	<i>Maximum Physical Rate</i>	<i>Tx</i>	<i>Compatible with</i>	<i>Major Disadvantages</i>	<i>Major Advantages</i>
802.11 a	5.0 GHz	54 Mbps	OFDM	None	Smallest range of all 802.11 standard	High bitrate in less crowded spectrum
802.11 b	2.4 GHz	11 Mbps	DSSS	802.11	Bit Rate too low for many emerging applications	Widedeployed higher range
802.11 g	2.4 GHz	54 Mbps	OFDM	802.11 802.11b	Limited number Of collocated WLANs	High bitrate in 2.4 GHz spectrum

Sumber : (Varshney, Upkar, 2005:75)

Dari ketiga standar WLAN ini 802.11b dipandang lebih unggul dibandingkan dengan standar yang lain. 802.11b harganya relatif lebih murah dan jarak jangkauan yang luas. Untuk standar 802.11a memiliki kecepatan *bit rate* lebih cepat dikarenakan memakai frekuensi kerja 5 GHz. Untuk 802.11g memiliki kecepatan bit rate lebih cepat dibanding 802.11b namun penggunaannya sangat terbatas.

Di Indonesia sendiri mayoritas pengguna menggunakan frekuensi 2.4 GHz sebagai frekuensi kerja dari Wi-Fi. Hal ini didasarkan terhadap ketersediaan barang yang disebabkan

oleh peraturan dari pemerintah sendiri. Pemerintah mengeluarkan keputusan 28/PERMEN/2015. Dimana standar frekuensi Wi-Fi publik yang diperbolehkan adalah 2.4 GHz dan 5.8 GHz.

**2.2. Dasar Antena**

Antena merupakan perangkat yang mengubah arus listrik menjadi gelombang elektromagnetik atau sebaliknya. Antena bisa menjadi perangkat pemancar atau penerima (*transmitter* dan *receiver*) (Kraus, 1988). Untuk antena sebagai transmisi, antena memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara dan untuk antena sebagai *receiver*, antena menerima gelombang elektromagnetik dari udara. Sehingga antena merupakan perangkat pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik yang menggunakan udara sebagai saluran transmisinya.

Untuk mengetahui antena dapat dikatakan sebagai antena yang dapat bekerja dengan baik dapat dilihat dari daya secara maksimum yang diharapkan diterima oleh penerima, selain itu memiliki nilai VSWR antara 1 sampai 2, *return loss* yang harus lebih kecil dari - 10 dB, memiliki pola radiasi sesuai dengan keinginan dari perancang, polarisasi, dan dapat menerima atau memancarkan dengan arah yang ingin ditentukan oleh perancang.

**2.3. Parameter Antena**

Untuk mengetahui performa atau hasil kerja dari suatu antena yang disimulasikan, kita harus melihat dari parameter-parameter antenanya. Berkaitan dengan penulisan skripsi ini, penulis akan menjabarkan parameter-parameter tersebut.

**2.3.1. Impedansi Terminal Antena**

Impedansi terminal antena didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antena pada terminalnya, yang dinyatakan dalam Persamaan (2-1) (Balanis, 2005:80).

$$Z_A = R_A + jX_A \text{ (2-1).....(2-1)}$$

Dengan :

$Z_A$  = impedansi terminal antena ( $\Omega$ )

$R_A$  = resistansi terminal antena ( $\Omega$ )

$X_A$  = reaktansi terminal antena ( $\Omega$ )

Sedangkan impedansi antena dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan sebagai berikut (Edgar Hund, 1989:44).

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{\text{ant}} - Z_c}{Z_{\text{ant}} + Z_c} \right| \dots\dots\dots (2-2)$$

Sehingga diperoleh:

$$Z_{\text{ant}} = Z_c \left( \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \dots\dots\dots (2-3)$$

Dengan:

$Z_{\text{ant}}$  = impedansi masukan ( $\Omega$ )

$Z_c$  = impedansi karakteristik ( $\Omega$ )

$\Gamma$  = koefisien pantul

### 2.3.2. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

*Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) merupakan nilai perbandingan antara tegangan maksimum dengan tegangan minimum pada suatu gelombang yang berdiri (*Standing Wave*). Hal ini terjadi oleh pantulan gelombang yang timbul antara impedansi input dari antena kurang *matching* dengan saluran pencatunya. Oleh karena itu, dalam merancang suatu antena harus diperhatikan VSWR-nya untuk mendapatkan performa yang baik. Koefisien pantul sangat menentukan nilai VSWR antena, dapat dilihat pada persamaan dibawah ini (Hund, Edgar 1989:43):

$$VSWR = \frac{V_{\text{max}}}{V_{\text{min}}} = \frac{V_0^+ + V_0^-}{V_0^+ - V_0^-} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dengan koefisien pantul ( $\Gamma$ ) dapat kita peroleh dari persamaan dibawah :

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \dots\dots\dots (2-5)$$

Dengan :

$\Gamma$  = koefisien pantul

$VSWR$  = *Voltage standing wave ratio* (W)

$V_0^+$  = tegangan gelombang pantul

$V_0^-$  = tegangan gelombang datang

Dari Persamaan (2-4) kita dapat mengetahui bahwa jika koefisien pantul bernilai besar maka nilai VSWR juga akan semakin besar dan *mismatch* juga semakin besar, namun jika nilai koefisien pantul kecil maka nilai VSWR juga akan semakin kecil dan semakin besar pula nilai *matching*-nya. Nilai sempurna dari  $VSWR = 1$ , yang berarti tidak ada sinyal yang dipantulkan. Sangat sulit untuk mendapatkan VSWR bernilai 1 pada simulasi, oleh karena itu untuk nilai standar VSWR dapat bekerja dengan baik apabila nilai VSWR diantara 1 sampai 2.

**2.3.3. Return Loss (RL)**

*Return Loss* adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa besar daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. Untuk nilai dari return loss dapat dicari dari persamaan koefisien pantul ( $\Gamma$ ) yang didapat dari perbandingan tegangan gelombang pantul dengan gelombang maju seperti persamaan yang didefinisikan dibawah ini (Punit, 2004:19)

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \dots\dots\dots(2-6)$$

$$RL = -20 \log \Gamma \text{ (dB)} \dots\dots\dots(2-7)$$

Dengan:

$\Gamma$  = koefisien pantul

$V_r$  = tegangan gelombang pantul (Volt)

$V_i$  = tegangan gelombang maju (Volt)

RL= *return loss* (dB)

Untuk *matching* sempurna antara *transmitter* antenna, maka nilai  $\Gamma= 0$  sehingga  $RL= \infty$ , hal ini berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika nilai  $\Gamma=1$  sehingga  $RL= 0$  dB maka daya dipantulkan semua namun hal ini sangat sulit untuk didapatkan. Sehingga nilai yang diijinkan adalah sebesar -10 dB.

**2.3.4. Bandwidth**

Antena memiliki rentang frekuensi kerja dalam pemakaiannya. Rentang frekuensi kerja ini disebut dengan *bandwidth* antena. *Bandwidth* merupakan daerah frekuensi kerja dimana antena dapat bekerja dengan optimal yang telah memenuhi parameter-parameter antena yang baik diantara lain VSWR bernilai diantara 1 sampai dengan 2 dan *return loss* berada dibawah -10 dB.

Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen ( $B_p$ ) dan dalam rasio ( $B_r$ ) dinyatakan sebagai persamaan dibawah ini (Punit, 2004:22).

$$B_p = \frac{f_u - f_L}{f_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2-8)$$

$$f_c = \frac{f_u + f_L}{2} \dots\dots\dots (2-9)$$

$$B_R = \frac{f_u}{f_l} \dots\dots\dots(2-10)$$

Dengan :



- $B_p$  = Bandwidth dalam persen (%)  
 $B_R$  = Bandwidth dalam rasio  
 $f_c$  = frekuensi tengah (GHz)  
 $f_u$  = frekuensi atas (GHz)  
 $f_l$  = frekuensi bawah (GHz)

### 2.3.5. Gain

Parameter yang penting dalam performa sebuah antenna selanjutnya adalah *gain* (penguatan). Meski *gain* sangat berhubungan dengan keterarahan (*directivity*). Pengukuran *gain* memperhitungkan efisiensi dari antenna dan keterarahan dari antenna tersebut. *Gain* antenna didefinisikan sebagai “perbandingan antara intensitas radiasi yang diberikan pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang didapatkan oleh antenna bila diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi yang dipancarkan secara isotropis sama dengan daya yang diterima oleh antenna dibagi dengan  $4\pi$ .” Dengan persamaan (Balanis, 2005:65).

$$Gain = 4\pi \frac{\text{radiation intensity}}{\text{Total input power}} = 4\pi \frac{I(\theta, \varphi)}{P_{in}} \dots\dots\dots (2-11)$$

*Gain* dibagi menjadi dua yaitu, *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* suatu antenna (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antenna pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antenna sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal *input*) antenna dibagi dengan  $4\pi$ . Dinyatakan dalam persamaan (2-12).

$$Gain = 10 \times \log \frac{4\pi \times U_m}{P_{in}} \text{ dB} \dots\dots\dots (2-12)$$

Dengan :

- $Gain$  = *gain* antenna (dB)  
 $U_m$  = intensitas radiasi antenna (watt)  
 $P_{in}$  = daya input total yang diterima antenna (watt)

Untuk *relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antenna referensi dalam arah acuannya (dalam hal ini kedua antenna harus mempunyai daya masukkan yang bernilai sama). Untuk *gain* relatif ini antenna referensi yang digunakan harus berupa antenna sumber isotropis tanpa rugi, sehingga:

$$Gain = \frac{4\pi I(\theta, \varphi)}{P_{in}} \dots\dots\dots (2-13)$$

### 2.3.6. Directivity (Keterarahan)

*Directivity* dari suatu antenna diartikan sebagai nilai intensitas radiasi antenna yang mengarah ke suatu titik tertentu dibandingkan dengan intensitas radiasi rata-rata dari segala arah (Balanis, 2008:17). Intensitas radiasi rata-rata nilainya sebanding dengan nilai daya total yang diradiasikan oleh antenna itu sendiri dan dibagi dengan  $4\pi$ . Sehingga *directivity* dapat diartikan sebagai kemampuan suatu antenna untuk mengarahkan energinya pada satu arah tertentu. Untuk nilai *directivity* dapat diketahui dr persamaan dibawah ini.

$$Directivity_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \dots\dots\dots(2-14)$$

Namun jika tidak ada arah tertentu yang ditentukan, maka arah yang dimaksud adalah arah dari intensitas radiasi maksimum yang dinyatakan sebagai (Balanis, 2005:494)

$$Directivity_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = 10 \log \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \dots\dots\dots(2-15)$$

Dengan :

- $D_0$  = *directivity* (dB)
- $U_{max}$  = intensitas radiasi maksimum (watt)
- $P_{rad}$  = daya radiasi total (watt)
- $U_{max}$  = intensitas radiasi maksimum (W/satuan sudut ruang)
- $U_0$  = intensitas radiasi sumber isotropis (W/satuan sudut ruang)
- P = daya radiasi total (W)

### 2.3.7. Polarisasi

Polarisasi antenna merupakan arah medan listrik yang diperoleh dari radiasi antenna pada arah tertentu dan nilainya bervariasi menurut waktu. Pada praktiknya, polarisasi dari energi yang diradiasikan akan berubah tergantung dari arah antenna itu sendiri sehingga memungkinkan adanya perbedaan pola polarisasi. Polarisasi sendiri diklasifikasikan menjadi tiga jenis. Yaitu *linear* (linier) , *circular* (lingkaran), dan elips (Balanis, 2005:72). Polarisasi adalah sifat-sifat elektromagnetik yang menggambarkan perubahan arah dan nilai relatif vektor medan listrik sebagai fungsi waktu. Jika vektor tersebut selalu mengarah pada suatu garis x maka disebut polarisasi *linear horizontal*, pada garis y disebut polarisasi *linear vertical*. Bila vektor tersebut berbentuk elips maka akan disebut polarisasi elips. Arah polarisasi elips ada 2, searah jarum jam dan berlawanan dengan arah jarum jam. Dan *circular* jika membentuk pola *circular*.

Pengklasifikasian polarisasi ini sendiri tergantung dari nilai *axial ratio*. *Axial ratio* sendiri merupakan perbandingan antara *major axis* dan *minor axis*. Dapat kita lihat di persamaan dibawah ini.

$$AR = \frac{E_{major}}{E_{minor}} \dots\dots\dots (2-16)$$

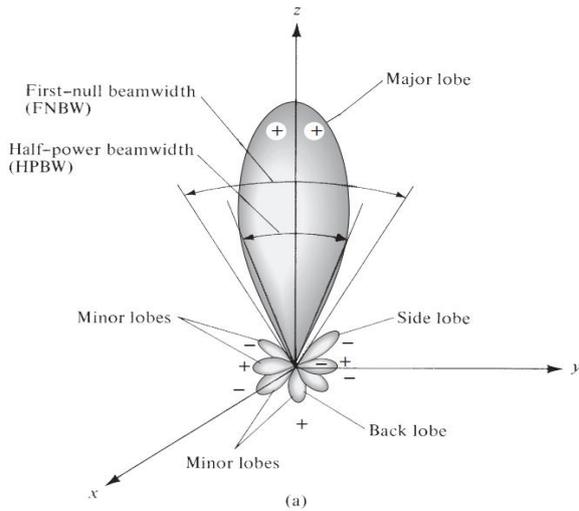
Jika  $AR$  (*axial ratio*) =  $\infty$ , maka antena tersebut disebut memiliki polarisasi *linear*. Jika  $AR$  (*axial ratio*) = 1, maka antena tersebut polarisasinya adalah lingkaran. Sedangkan jika  $AR$  (*axial ratio*) =  $1 < AR < \infty$ , maka antena tersebut polarisasinya adalah elips.

### 2.3.8. Pola Radiasi

Pola radiasi antena merupakan pernyataan fungsi matematis sifat-sifat pemancaran antena sebagai fungsi dari koordinat ruang. Pada umumnya pola radiasi ditentukan dalam daerah medan jauh dan direpresentasikan sebagai fungsi koordinat arah. Sifat-sifat radiasi ini meliputi intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi (Balanis, 2005:27).

Pola radiasi terbagi menjadi tiga jenis yaitu, isotropis, direksional, dan omnidireksional. Pola radiasi isotropis pengertiannya adalah sebuah hipotesis antena tanpa memiliki rugi-rugi yang mempunyai radiasi yang sama ke segala arah, namun acuannya menyatakan sifat keterarahan antenanya saja. Sedangkan untuk direksional merupakan pola radiasi antena yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Untuk pola radiasi omnidireksional merupakan antena yang mempunyai pola *non-directional* pada suatu bidang tertentu dan sebuah pola *directional* pada bidang tegak lurus lainnya (Balanis, 2005:32).

Terdapat beberapa hal yang harus diketahui pada pola radiasi. Yang pertama, *Half-Power Beamwidth* (HPBW) atau biasa dikenal sebagai *beamwidth* suatu antena. HPBW sendiri adalah sudut dari selisih titik-titik pada setengah pola daya dalam *main lobe*. HPBW merupakan lebar sudut pada 3 dB dibawah maksimum. Yang kedua, *First Null Beamwidth* (FNBW), yaitu sudut yang mencakup *main lobe* sebuah antena. *Main lobe* merupakan besar cakupan radiasi antena yang arah radiasinya maksimum. *Minor lobes* adalah radiasi pada arah lain yang tidak diinginkan. *Minor lobes* sendiri terbagi menjadi dua yaitu, *side lobes* dan *back lobe*. *Side lobes* merupakan bagian dari *minor lobes* yang bersebelahan dengan *main lobe*, *back lobe* merupakan bagian dari *minor lobes* yang berlawanan dengan *major lobe* (Balanis, 2005:31).



Gambar 2.1 Pola radiasi  
 Sumber: Balanis (2005:30).

**2.3.9. Daya Antena**

Daya atau *Power* dari antena merupakan nilai daya dari antena. Daya antena ada tiga jenis, yaitu : *Power Incident* ( $P_{inc}$ ) , *Power Reflected* ( $P_{ref}$ ), *Power Absorbed* ( $P_{abs}$ ). *Power Incident* ( $P_{inc}$ ) merupakan nilai daya total dari antenna tersebut. *Power Absorbed* ( $P_{abs}$ ) adalah nilai daya yang dapat diterima oleh antena, sedangkan *Power Reflected* ( $P_{ref}$ ) merupakan daya yang terpantul dari antena.

Untuk Rumus dari *Power Incident* ( $P_{inc}$ ), *Power Reflected* ( $P_{ref}$ ), dan *Power Absorbed* ( $P_{abs}$ ) adalah sebagai berikut (Stiles, Jim 2012) :

$$P_{abs} = \frac{1}{2} Re \{V_L I_L\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2} Re \{V (Z = 0) I (Z = 0)\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2 Z_c} Re \{ (V_0^+ [e^{-j\beta^0} + \Gamma e^{+j\beta^0}]) (V_0^+ [e^{-j\beta^0} - \Gamma e^{+j\beta^0}]) \}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} Re \{1 - (\Gamma - \Gamma) - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{\tau\} \dots\dots\dots(2-17)$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \dots\dots\dots(2-18)$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c} \dots\dots\dots(2-19)$$

Dengan :

$P_{abs}$  = Power Absorbed (watt)

$P_{inc}$  = Power Incident (watt)

$P_{ref}$  = Power Reflected (watt)

$\Gamma$  = Koefisien Pantul

$V_0^-$  = Voltage away from the load

$V_0^+$  = Voltage toward to the load

$\tau$  = Nonreflected Coefficient

$Z_c$  = Cable Impedance

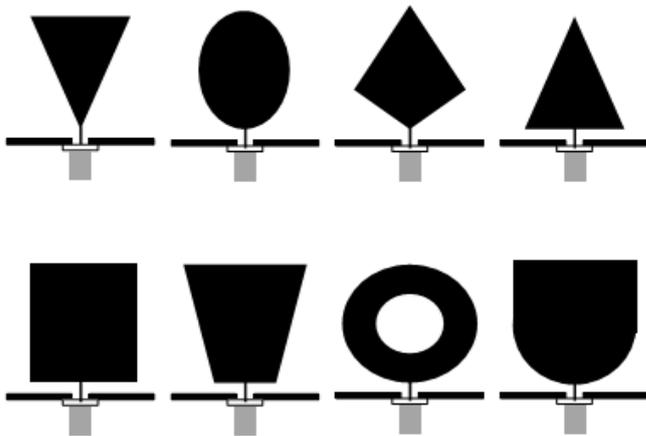
## 2.4. Antena Planar Monopole

Antena planar adalah antena yang dikembangkan dari antena mikrostrip. Antena planar memiliki struktur fisik yang lebih sederhana dan memiliki *bandwidth* yang lebar. Antena planar dapat bekerja pada frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) dan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz), artinya antena planar dapat digunakan untuk aplikasi *wireless*, satelit maupun radar.

Secara umum antena planar terdiri dari dua bagian, yaitu peradiasi (*patch*) dan *groundplane*. *Patch* berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik, sedangkan *groundplane* berfungsi sebagai reflektor seperti tembaga perak ataupun alumunium. Proses transformasinya gelombang ke udara terjadi ketika gelombang tersebut mencapai tepian dari *patch* yang kemudian sebagai gelombang dipantulkan dan sebagian lagi dipancarkan.

### 2.4.1. Bentuk umum antena planar

Bentuk dari antena planar bermacam-macam. Tergantung bentuk apa yang diinginkan. Pada umumnya bentuk *patch* antena planar adalah lingkaran segiempat, dan elips. Untuk bentuk geometri dari antena planar *monopole* dalam perancangan biasanya digunakan bentuk-bentuk yang sederhana seperti yang terdapat pada Gambar 2.2, dan untuk struktur dasar antena planar *monopole* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



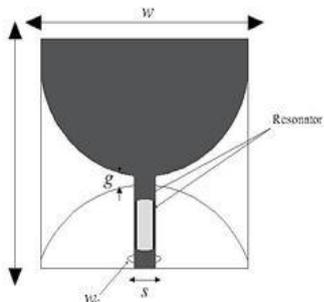
Gambar 2.2 Bentuk umum antenna planar *monopole*  
 Sumber : (Chen, Zhi Ning 2006:182)

**2.4.2. Rumus Umum Dimensi *Patch* Antena Planar *Monopole***

Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) yang berkisar antara  $2 \leq \epsilon_r \leq 12$ . Untuk performansi antenna pemilihan substrat sangat berpengaruh, semakin tebal substrat maka konstanta dielektriknya kecil sehingga *bandwidth* akan lebar, tapi dimensi akan bertambah dan begitu sebaliknya. Karena itu perlu dipikirkan antara bentuk antenna dengan performansinya.

Sedangkan yang terlihat pada Gambar 2.3 adalah salah satu contoh struktur dimensi antenna planar *monopole* dengan *patch* elips dimana ukuran dimensi *patch* peradiasinya ditentukan menggunakan Persamaan (2-17). Dengan demikian, untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, harus terlebih dahulu memilih dan menentukan *frekuensi lower (fl)* yang digunakan.

Sedangkan impedansi antenna dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan sebagai berikut (Hund, Edgar 1989:44).



Gambar 2.3 Patch elips  
 Sumber : (Amin M. Abbosh, 2008 :2)

$$w = l = \frac{c}{2 f_l \sqrt{\epsilon_r}} \text{ (m) } \dots\dots\dots(2-20)$$

Dengan :

$$l = w = \frac{1}{2} \lambda \text{ medium substrat}$$

$w$  = diameter mayor pada elips, untuk diameter yang kedua adalah  $0.5w$

$f_l$  = frekuensi *lower*

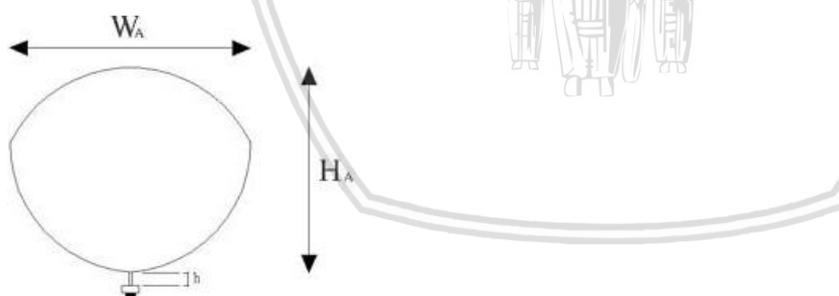
$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik substrat (F/m)

$c$  =  $3 \times 10^8$  m/s

Sedangkan untuk menentukan jarak antara elemen peradiasi dengan *ground plane*, maka syaratnya adalah  $g \ll$  ketebalan substrat ( $h$ ), dan untuk mendapatkan *bandwidth* paling lebar diasumsikan  $g = \frac{1}{3} \times h$ .

### 2.4.3. Antena planar monopole rugby ball

Antena *rugby ball* adalah sebuah desain lainnya. Struktur dasar dari antena *rugby* ini adalah *circular*. Hanya saja terdapat modifikasi desain pada bagian atas dari *circular*, yaitu menggabungkannya dengan lingkaran yang lain dengan penyesuaian diameter agar tepat bisa digabungkan. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.3. Dari gambar tersebut tampak bahwa bagian bawah antena memiliki diameter yang lebih kecil dibandingkan antena bagian atas. Akan tetapi, antena bagian atas, memiliki luas area permukaan yang lebih kecil. Sedangkan di sisi lain, peletakan *feed point* akan berpengaruh pada impedansi antena. Sehingga kita harus berhati – hati menempatkan *feed point* ini.



Gambar 2.4 Bentuk antena rugby ball

Sumber : Thesis Rudy Yuwono, ST., M.Sc.

Tabel 2. 2 Dimensi Antena *Rugby Ball*

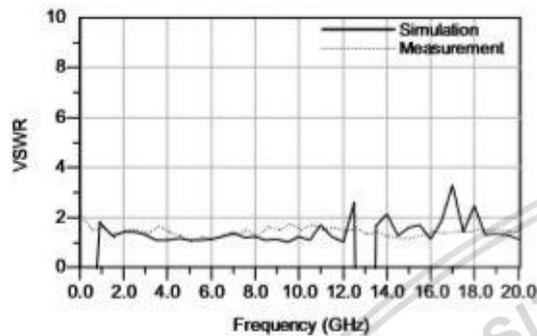
Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	115 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari <i>Feed Point</i>	$H$	1 mm

Sumber : (Thesis Rudy Yuwono, ST., M.Sc.)

Untuk bahan substrat antena adalah alumunium. Alumunium adalah metal konduktor yang bagus dalam *heat* dan *electricity*. Karena inilah, alumunium paling banyak digunakan

sebagai *power transmission lines*. Sebuah kabel aluminium lebih ringan dua kali lipat jika dibandingkan dengan kabel tembaga dengan *conductive capacity* yang sama. Aluminium ini efektif sebagai elemen peradiasi elektromagnetik, konduktor yang bagus, non- magnetik, non- *toxic*, dan mudah diperoleh.

Karakteristik VSWR, dan impedansi antena *rugby ball* dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6.



Gambar 2.5 VSWR antena *rugby ball*

Sumber : (Thesis Rudy Yuwono, ST. M.Sc.)

Keterangan Gambar 2.5

*Upper Frequency* = 12 GHz

*Lower Frequency* = 0.9 GHz

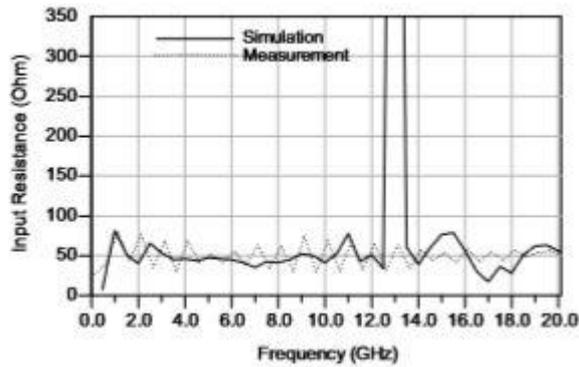
*Ratio Of Bandwidth* =  $f_u : f_l$   
= 12 : 0.9  
= 13.3 : 1

*Percent Of Bandwidth*

$$B_{pc} = 2 \frac{f_u - f_l}{f_u + f_l} \times 100\%$$

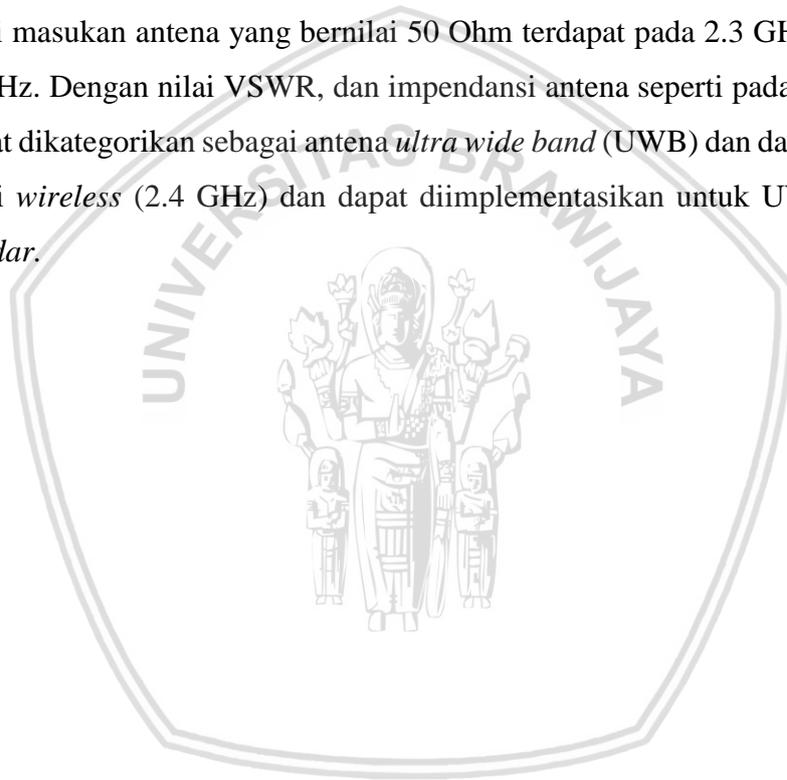
$$B_{pc} = 2 \frac{12 - 0.9}{12 + 0.9} \times 100\%$$

$$B_{pc} = 172.1 \%$$



Gambar 2.6 Impedansi masukan antenna *rugby ball*  
 Sumber : (Thesis Rudy Yuwowno, ST. M.Sc.)

Impedansi masukan antenna yang bernilai 50 Ohm terdapat pada 2.3 GHz – 6 GHz dan 8 GHz – 10 GHz. Dengan nilai VSWR, dan impedansi antenna seperti pada gambar diatas, antenna ini dapat dikategorikan sebagai antenna *ultra wide band* (UWB) dan dapat bekerja juga pada frekuensi *wireless* (2.4 GHz) dan dapat diimplementasikan untuk UWB *monostatic microwave radar*.

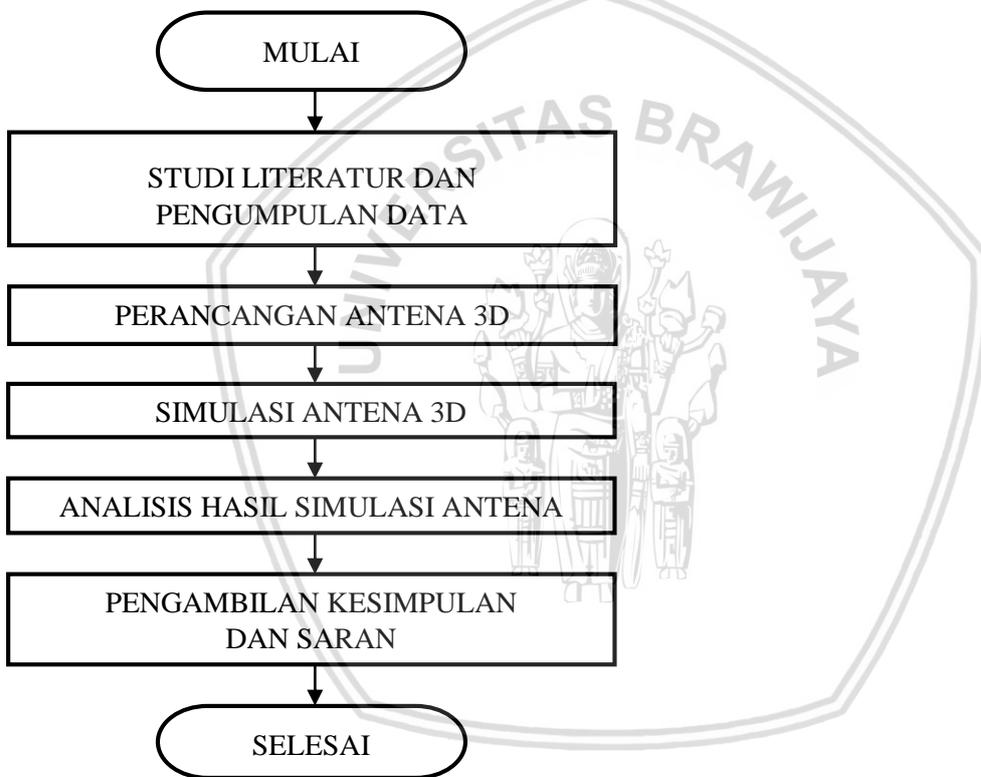




## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Umum

Kajian yang diterapkan dalam skripsi adalah kegiatan yang bersifat analisis, analisis yang dimaksud pada skripsi ini adalah tentang perancangan antenna 3D serta pengaruh jumlah *seed (patch)* terhadap performansi antenna pada frekuensi kerja 2.4 GHz melalui simulasi dengan aplikasi CST *Studio Suite*. Metodologi yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah :



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi  
Sumber : Perancangan (2018)

### 3.2. Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami karakteristik, analisis dan perancangan antenna 3D serta pengaruh jumlah *seed (patch)* terhadap performansi antenna pada frekuensi kerja 2.4 GHz.



### 3.3. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah berupa data primer dan data sekunder.

#### 3.3.1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari simulasi antenna 3D dengan jumlah *seed patch* yang berbeda melalui aplikasi *CST Studio Suite 2014*. Data dimaksudkan adalah parameter-parameter antenna, yaitu *VSWR*, *return loss*, *gain*, *directivity*, pola radiasi, dan *bandwidth*.

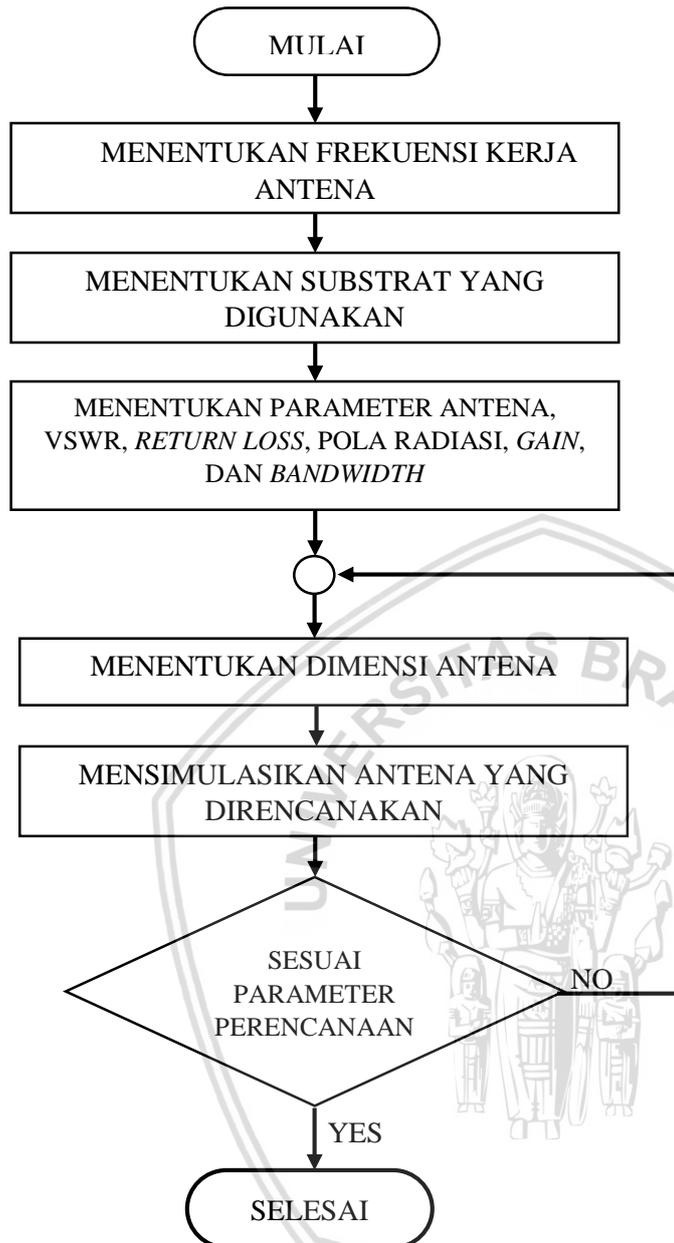
#### 3.3.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi literatur (buku, jurnal-jurnal, skripsi, dan internet). Data sekunder lain yang diperlukan dalam kajian skripsi ini adalah : Spesifikasi dari dimensi substrat yang meliputi :

1. Bahan substrat yang digunakan adalah aluminium
2. Konstanta dielektrik relatif substrat aluminium
3. Ketinggian antenna *rugby ball*
4. Lebar dari antenna *rugby ball*

### 3.4. Perancangan dan Simulasi dengan menggunakan *Software CST Studio Suite 2014*

Perancangan antenna planar 3D terinspirasi dari antenna *rugby ball* yang terdapat pada *thesis* Rudy Yuwono, ST., M.Sc. Dalam merancang dimensi elemen peradiasi antenna planar *monopole* ini awalnya menggunakan ukuran antenna *rugby ball* yang terdapat pada Tabel 2.2, kemudian disimulasikan dengan *software CST Studio Suite 2014* dengan memasukkan nilai – nilai variabel antenna tersebut dan kemudian disimulasikan melalui program simulasi *CST Studio Suite 2014* untuk mengetahui nilai dari parameter - parameter antenna yang dirancang. Tahap perancangan dan simulasi antenna ini penting untuk melihat dimensi maupun kualifikasi dari hasil rancangan apakah sudah sesuai atau belum dari hasil yang diinginkan. Diagram alir pada skripsi ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Diagram alir perancangan antenna 3D dengan jumlah patch berbeda  
 Sumber : Perancangan (2018)

Frekuensi kerja yang dipakai pada skripsi ini adalah frekuensi WiFi yaitu frekuensi 2.4GHz. Kemudian Bahan substrat yang digunakan beserta spesifikasinya adalah sebagai berikut :

- a. Bahan Alumunium
- b. Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 2
- c. Konduktifitas alumunium = 3.77E+007 S/m
- d. Ketinggian antenna *rugby ball* = 115 mm
- e. Lebar antenna *rugby ball* = 135 mm

Parameter – parameter antenna yang ditentukan pada skripsi ini mengikuti nilai yang dikatakan memiliki performa atau dapat bekerja dengan baik. Nilai – nilai parameter antenna yang dapat dikatakan baik adalah sebagai berikut (Chen, Zhi Ning 2006:182) :

- a.  $VSWR = 1 \leq VSWR \leq 2$
- b.  $Return Loss = RL \leq -10 \text{ dB}$
- c.  $Gain = Gain \geq 3 \text{ dB}$

Simulasi terhadap perancangan antenna 3D serta pengaruh jumlah *seed (patch)* terhadap performansi antenna pada frekuensi kerja 2.4GHz ini meliputi :

1. Mensimulasikan antenna *rugby ball* yang kemudian akan diubah dimensi dan jumlah *seed*-nya sehingga dapat bekerja secara optimal pada frekuensi kerja 2.4 GHz.
2. Mensimulasikan antenna 3D dengan jumlah *seed (patch)* berbeda yang dapat bekerja pada frekuensi kerja 2.4 GHz dengan beberapa variabel sebagai berikut :
  - a. Dimensi *patch* antenna 3D
  - b. Sudut *seed patch* pada antenna 3D
  - c. Perbandingan jumlah *seed patch* pada antenna 3D

Setelah disimulasikan, dan mendapatkan hasil atau nilai – nilai parameter antenna yang dirancang dapat diketahui antenna mana yang sudah atau belum memenuhi parameter – parameter antenna. Apabila dari hasil simulasi belum mendapatkan hasil yang dapat bekerja pada frekuensi kerja 2.4GHz maka akan dilakukan optimasi (proses untuk mengoptimalkan atau mencapai hasil yang paling baik) sebanyak 35kali, 15 kali dari segi optimasi *groundplane*.

### **3.5. Analisis Performansi Antena 3D serta Pengaruh Jumlah *Seed (Patch)* terhadap Performansi Antena pada Frekuensi Kerja 2.4 GHz**

Analisis data hasil simulasi yang telah dilakukan untuk mengetahui performansi dari antenna 3D yang dibuat. Teknik pengolahan data dilakukan dengan cara membandingkan hasil simulasi yang dilakukan dengan dimensi berbeda dan jumlah *seed patch* berbeda yang dapat bekerja pada frekuensi kerja 2.4GHz dalam bentuk tabel dan grafik yang berasal dari hasil simulasi yang sudah diperoleh.

### **3.6. Pengambilan Kesimpulan, Dokumentasi, dan Saran**

Pengambilan kesimpulan ditulis berdasarkan hasil analisis dari simulasi dan perbandingan hasil simulasi dari data yang diperoleh. Pada bagian ini akan dijelaskan secara singkat tentang hasil yang sudah diperoleh serta saran yang diberikan oleh penulis untuk pengembangan yang dapat dilakukan dari data yang diperoleh dari skripsi ini.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Tinjauan Umum

Pada skripsi ini akan dirancang antenna planar 3D yang bentuknya berdasarkan dari antenna *rugby ball*. Antena ini dirancang agar dapat bekerja pada frekuensi 2.4GHz, dan untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah *patch (seed)* pada performansi antena. Untuk mendapatkan performansi yang optimal, variabel – variabel yang diubah – ubah adalah ukuran *patch rugby ball* khususnya bagian lingkaran atas, dan ukuran *ground plane*.

Untuk mengetahui desain antena yang dirancang, pengaruh ukuran dimensi antena terhadap performansinya, dan pengaruh jumlah *seed (patch)* terhadap performansi antena, maka dilakukan analisis terhadap parameter - parameter antena hasil simulasi seperti *vswr*, *return loss*, *gain*, polarisasi, pola radiasi dan *bandwidth*.

### 4.2. Perencanaan dimensi patch dan ground plane

Pada skripsi ini elemen peradiasi yang ditentukan adalah antena novel *rugby ball* yang nantinya akan dijadikan dasar ukuran *patch* dari antena 3D ini, dan akan dioptimasi seiring dengan bertambahnya jumlah *patch (seed)* supaya dapat memenuhi parameter – parameter antena yang dapat bekerja pada frekuensi 2.4GHz. Nilai perambatan di ruang bebas adalah (c) dengan nilai sebesar  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

$$\lambda = \frac{c}{f_r} = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^9} = 0.125\text{m} = 12.5\text{cm} \dots\dots\dots (4-1)$$

Dengan

c = Nilai perambatan di ruang bebas ( $\text{m/s}$ )

$f_r$  = Frekuensi Kerja (Hz)

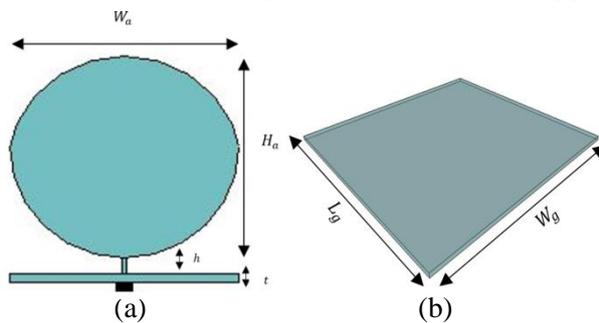
$\lambda$  = panjang gelombang (m)

Panjang gelombang ini nantinya akan digunakan sebagai ukuran dasar dari *ground plane* antena yang akan dirancang.

### 4.3. Perancangan dan performansi dasar antena 3D

Perancangan dasar antena 3D yang dimaksud disini adalah untuk menentukan dimensi antena yang nantinya akan digunakan sebagai dimensi dari antena dengan jumlah *patch* yang berbeda. Dimensi *patch* atau elemen peradiasi antena 3D ini menggunakan dimensi

antena *Rugby Ball*, sedangkan dikarenakan pada skripsi ini menggunakan *infinite groundplane* sehingga ukuran *ground plane* menggunakan nilai panjang gelombang dari antena ini. Perancangan antena 3D ini menggunakan aplikasi CST Studio Suite 2014.

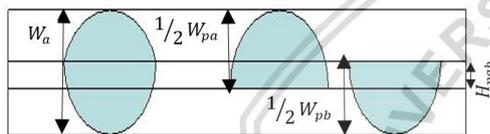


Gambar 4.1 Bentuk Antena *Rugby Ball* sebelum optimasi.

a) Patch antena rugby ball. b) Ground Plane antena rugby ball

Sumber : Perancangan (2018)

Penggabungan dua buah  $\frac{1}{2}$  lingkaran dapat dilihat melalui gambar dibawah ini :



Gambar 4.2 Gambar penggabungan

Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 1 Dimensi Antena

Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	115 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari <i>Feed Point</i>	$H$	1 mm
Diameter dari <i>patch</i> lingkaran atas	$W_{pa}$	144mm
Diameter dari <i>patch</i> lingkaran bawah	$W_{pb}$	135mm
Lebar <i>Ground Plane</i>	$W_g$	125mm
Panjang <i>Ground Plane</i>	$L_g$	125mm

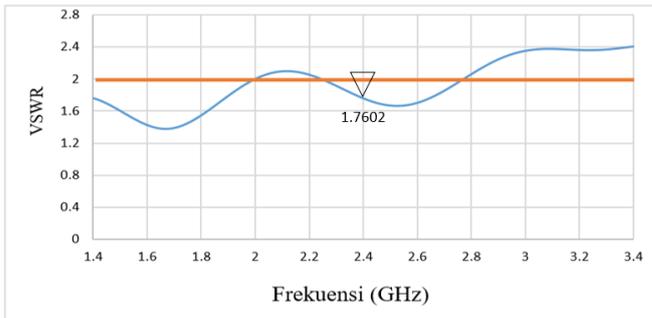
Sumber : (Thesis Rudy Yuwono, ST., M.Sc.)

Setelah mengikuti dimensi *patch* dari referensi dan mengikuti dimensi *ground plane* dari panjang gelombang maka dilakukan simulasi dengan menggunakan program CST Studio Suite 2014. Setelah disimulasikan maka didapatkan hasil antena tersebut, berikut hasil performansi antena dengan menggunakan VSWR dan Gain sebagai parameternya :

Tabel 4. 2 VSWR dan Gain antena *rugby ball*

VSWR	Gain (dB)
1.7601	5.471

Berikut merupakan grafik VSWR dari antena yang menggunakan dimensi *patch* dari referensi dan menggunakan dimensi *ground plane* dari perhitungan panjang gelombang :

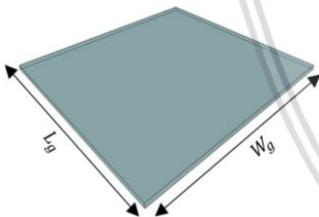


Gambar 4.3 Gambar 4.3 Grafik VSWR antenna *rugby ball*  
 Sumber : Perancangan (2018)

Berdasarkan hasil vswr yang ditunjukkan pada gambar diatas dapat diketahui bahwa dengan dimensi patch *novel rugby ball* dan menggunakan *ground plane* yang mengikuti perhitungan dari nilai lamda, tidak dapat bekerja dengan baik pada frekuensi yang telah ditentukan, yaitu pada frekuensi 2.4GHz. Pada frekuensi 1.4 sampai dengan 2GHz dapatdiamati bahwa antenna dapat bekerja. Maka dari itu akan dilakukan perbaikan dan optimasi antenna supaya frekuensi kerja dari antenna tersebut bergeser sehingga dapat bekerja pada 2.4GHz. Perbaikan dan optimasi dari antenna dasar ini akan dilakukan melalui simulasi, dengan mengubah – ubah dimensi dari *ground plane* dan *patch*.

#### 4.4. Optimasi Dasar Antena 3D

Bagian yang akan dioptimasi pada antenna *rugby ball* dengan mengubah dimensi pada bagian groundplane dan patch adalah sebagai berikut :

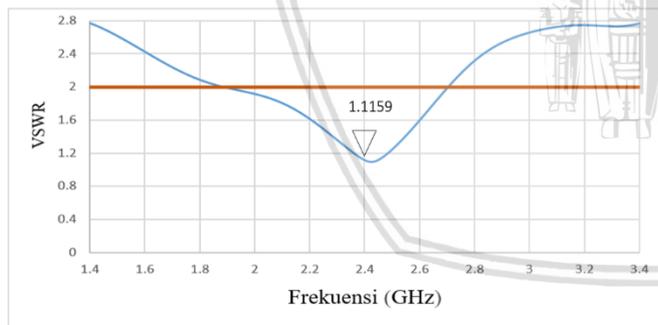


Gambar 4.4 Bentuk *ground plane* antenna *rugby ball* yang akan dioptimasi.  
 Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 3 Optimasi antenna rugby ball melalui *ground plane*

Antena	Panjang ( $W_g$ ) (mm)	Lebar ( $L_g$ ) (mm)	VSWR	Gain (dB)
GP1	125	115	1.8250	5.656
GP2	125	105	1.8538	5.604
GP3	125	95	1.8209	5.273
GP4	125	85	1.8039	5.305
GP5	125	75	1.8001	5.355
GP6	125	65	1.8357	5.412
GP7	125	55	1.8969	5.474
GP8	125	45	1.9633	5.538
GP9	125	35	2.0715	5.598
GP10	125	25	2.1662	5.636
GP11	115	25	1.7337	5.436
GP12	105	25	1.2274	4.540
GP13	103	25	1.2072	4.488
GP14	101	25	1.2554	4.710
GP15	103	24	1.1902	4.498
GP16	103	23	1.1719	4.520
GP17	103	22	1.1536	4.529
GP18	103	21	1.1348	4.538
GP19	103	20	1.1159	4.545
GP20	95	25	1.5823	5.151
GP21	85	25	2.1818	5.211

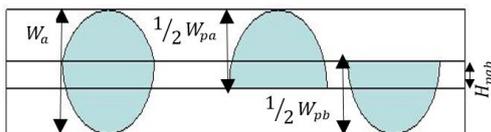
Setelah dilakukan optimasi dasar antenna 3D dengan percobaan variasi dimensi *ground plane*, didapatkan hasil VSWR dan *Gain* yang optimal pada percobaan GP19, dengan dimensi panjang *ground plane* ( $L_g$ ) = 10.3 cm, dan lebar groundplane ( $W_g$ ) = 2 cm.



Gambar 4.5 Grafik VSWR antenna rugby ball optimasi ground plane

Sumber : Perancangan (2018)

Setelah mendapatkan dimensi dari *groud plane* langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi *patch* sehingga antenna dapat bekerja lebih baik lagi pada frekuensi 2.4 GHz. Bagian yang diubah – ubah pada optimasi kali ini adalah *patch* dari antenna bagian lingkaran atas, sehingga bentuk antenna tetap berbentuk rugby ball. Hasil dari optimasi *patch* dasar antenna 3D yaitu sebagai berikut :

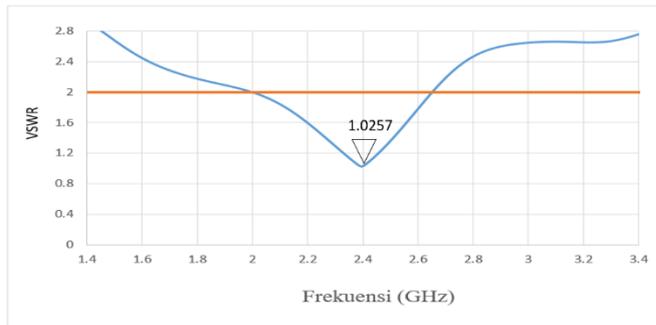


Gambar 4.6 Bentuk *patch* antena *rugby ball* yang akan dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 4 Optimasi antena *rugby ball* melalui *patch* bagian atas

Antena	Diameter Lingkaran atas ( $W_{pa}$ ) (mm)	VSWR	Gain (dB)
1	143	1.1251	4.499
2	142	1.1398	4.450
3	141	1.1474	4.397
4	140	1.1532	4.343
5	139	1.1625	4.282
6	138	1.1741	4.232
7	137	1.1806	4.174
8	136	1.1853	4.112
9	135	1,1925	4.060
10	134	1.2005	4.050
11	133	1.2021	4.057
12	132	1.2079	4.061
13	131	1.2171	4.069
14	130	1.2168	4.078
15	129	1.2192	4.093
16	145	1.1114	4.593
17	146	1.1009	4.636
18	147	1.0878	4.675
19	148	1.0816	4.712
20	149	1.0778	4.713
21	150	1.0621	4.737
22	151	1.0509	4.817
23	152	1.0478	4.849
24	153	1.0394	4.816
25	154	1.0298	4.893
26	155	1.0275	4.914
27	156	1.0264	4.936
28	157	1.0257	4.958
29	158	1.0301	4.964
30	159	1.0391	4.954

Setelah dilakukan optimasi antena *rugby ball* dengan percobaan variasi dimensi *patch* bagian lingkaran atas, didapatkan hasil VSWR dan Gain yang optimal pada percobaan antena nomor 28, dengan *patch* bagian diameter lingkaran atas ( $W_1$ ) = 15.7cm, dan bagian diameter lingkaran bawah ( $W_2$ ) = 13.5cm. Berikut merupakan grafik performa dari antena nomor 28 :



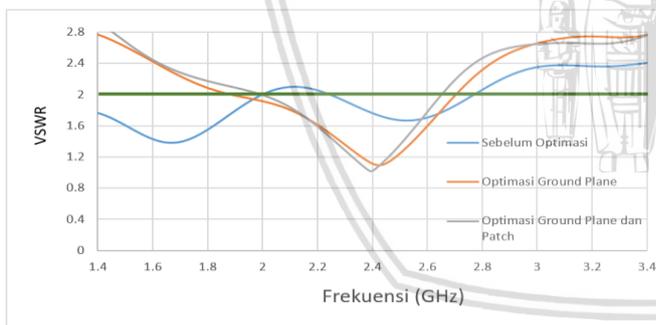
Gambar 4.7 Grafik VSZR antenna rugby ball optimasi ground plane dan patch  
Sumber : Perancangan (2018)

Setelah disimulasikan maka didapatkan hasil antenna tersebut, berikut hasil performansi antenna sebelum optimasi, sesudah optimasi dengan mengubah dimensi *ground plane* dan sesudah optimasi dengan mengubah dimensi *ground plane*, *patch*. Tabel dibawah menggunakan VSZR dan *Gain* sebagai parameter antenna, berikut tabelnya :

Tabel 4. 5 VSZR dan *Gain* antenna rugby ball sebelum optimasi, sesudah optimasi *ground plane*, dan sesudah optimasi *ground plane* dan *patch*.

ANTENA	VSZR	Gain (dB)
Sebelum Optimasi	1.8250	5.656
Optimasi 1	1.1159	4.545
Optimasi 2	1.0257	4.957

Kemudian dibawah merupakan perbandingan performa antenna sebelum optimasi, optimasi dengan *ground plane* saja dan optimasi keseluruhan dari *ground plane* dan *patch*.



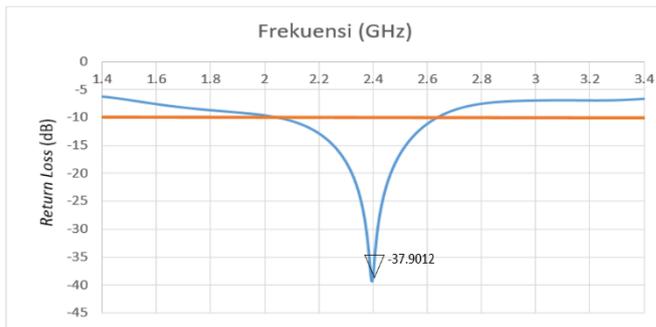
Gambar 4.8 Grafik perbandingan VSZR antenna rugby ball sebelum optimasi, sesudah optimasi *ground plane*, dan sesudah optimasi *ground plane* dan *patch*.

Sumber : Perancangan (2018)

Dapat dilihat dari grafik diatas, antenna yang paling bagus performansinya merupakan antenna setelah dioptimasi dengan mengubah dimensi *ground plane*, dan mengubah dimensi dari *patch*.

Sehingga nilai – nilai parameter antenna optimasi dua akan dijelaskan dibawah ini :

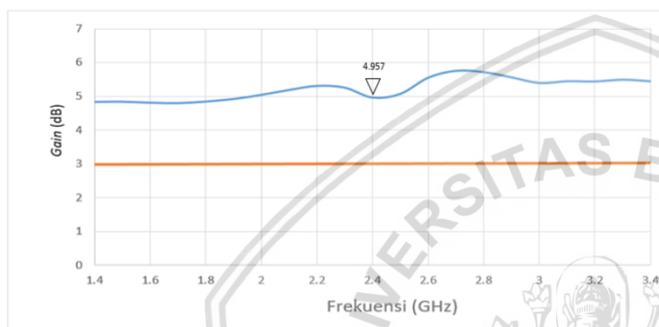
- Return Loss antenna pada frekuensi 2.4GHz bernilai -37.9012 dB sehingga dapat bekerja dengan baik.



Gambar 4.9 Grafik *Return Loss* antenna *rugby ball* dengan optimasi *ground plane* dan *patch*.

Sumber : Perancangan (2018)

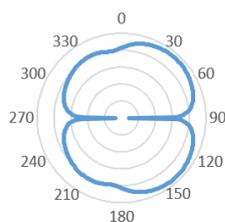
- Gain antenna ini pada frekuensi 2.4GHz bernilai 4.957, berikut grafiknya :



Gambar 4.10 Grafik *Gain* antenna *rugby ball* dengan optimasi *ground plane* dan *patch*.

Sumber : Perancangan (2018)

- Pola radiasi antenna ini jenisnya adalah omnidireksional, dikarenakan pola radiasi dari antenna memiliki dua arah. Pola radiasi dari antenna ini terdapat pada sudut  $23.24^\circ$  sampai  $59.859^\circ$  dan  $120^\circ$  sampai dengan  $156.75^\circ$ . Berikut gambar pola radiasi pada antenna :



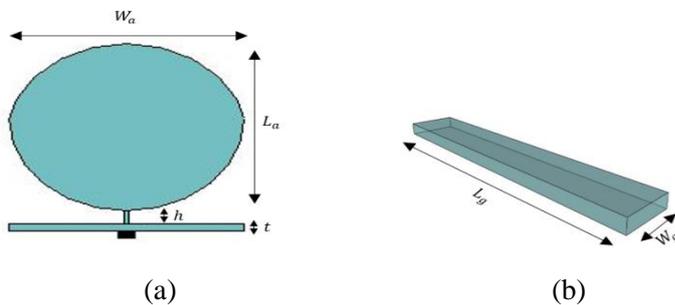
Gambar 4.11 Gambar Pola radiasi antenna *rugby ball* dengan optimasi *ground plane* dan *patch*.

Sumber : Perancangan (2018)

- Bandwidth antenna ini dapat dilihat dari parameter VSWR atau *Return Loss*, frekuensi kerja minimum antenna ini adalah 1.9963GHz dan frekuensi maksimumnya bernilai 2.6552GHz. Besar bandwidthnya adalah 0.6589 GHz atau 658 MHz.

#### 4.5. Desain dasar antenna 3D setelah optimasi

Setelah melakukan optimasi dimensi-dimensi pembentuk antenna, didapatkan model dengan performansi yang optimal yang ditunjukkan oleh gambar 4.9 dan tabel 4.6.



Gambar 4.12 Bentuk Antena Rugby Ball setelah optimasi.

a) Patch antenna rugby ball. b) Ground Plane antenna rugby ball

Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 6 Dimensi antenna rugby ball setelah optimasi.

Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	121.5 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari Feed Point	$H$	1 mm
Lebar Ground Plane	$W_g$	20 mm
Panjang Ground Plane	$L_g$	103 mm

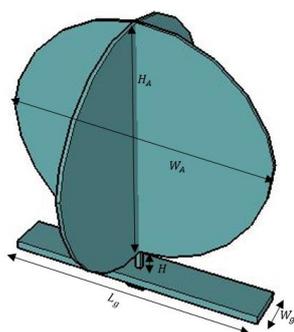
#### 4.6. Penambahan Patch

Setelah mendapatkan dimensi antenna dasar yang memiliki performansi yang baik akan dilakukan penambahan *patch* yang akan disebut dengan antenna 3D (dari segi *patch*). Penambahan *patch* akan dilakukan sebanyak empat kali. Dimensi yang digunakan pada awal penambahan *patch* ini akan mengacu kepada dimensi antenna dasar 3D yang paling baik. Hasil penambahan *patch* pada antenna yang diinginkan adalah dapat bekerja dengan pada frekuensi 2.4GHz. Pada penambahan *patch* antenna ini nantinya juga akan dilakukan optimasi sehingga dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 2.4GHz. Berikut percobaannya :

##### 4.6.1. Penambahan Patch (Seed) sebanyak satu buah dengan sudut 90°

Penambahan *patch* (Seed) sebanyak satu *patch* ini dilakukan pada sudut 90° dari *patch* antenna dasar 3D dengan menggunakan dimensi yang sama, kemudian akan dioptimasi pada bagian *ground plane* dan *patch* antenna sehingga dapat bekerja pada frekuensi 2.4GHz. Setelah mendapatkan hasil atau performa dari antenna berjumlah dua *patch* ini, akan ditampilkan dengan tabel pada proses optimasinya dan digambarkan secara grafik hasil optimasi antenna tersebut serta bentuk antenna akan ditampilkan dalam bentuk gambar.

### A. Hasil penambahan satu *patch* (*seed*) sudut $90^\circ$



Gambar 4.13 Bentuk Antena *Rugby Ball* setelah menjadi dua patch sudut  $90^\circ$

Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 7 Dimensi antena *rugby ball* dua patch sudut  $90^\circ$

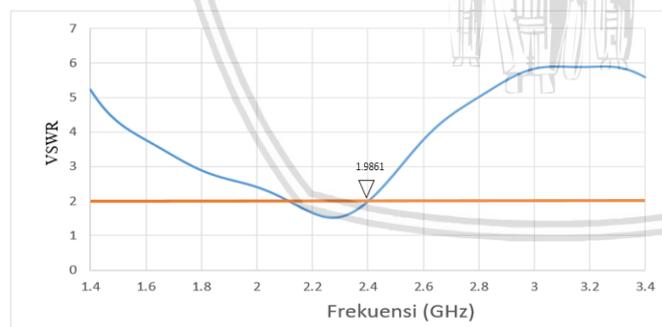
Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	121.5 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari <i>Feed Point</i>	$H$	1 mm
Lebar <i>Ground Plane</i>	$W_g$	20 mm
Panjang <i>Ground Plane</i>	$L_g$	103 mm

Hasil performansi dua patch (*seed*) sudut  $90^\circ$  yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 8 VSWR dan *Gain* antena *rugby ball* dua patch (*seed*) sudut  $90^\circ$

VSWR	<i>Gain</i>
1.9861	4.963

Berikut merupakan grafik VSWR dari antena dua patch sudut  $90^\circ$  menggunakan dimensi optimasi antena *rugby ball* setelah optimasi:



Gambar 4.14 Grafik VSWR antena dua patch sudut  $90^\circ$  menggunakan dimensi optimasi antena *rugby ball*.

Sumber : Perancangan (2018)

Berdasarkan hasil VSWR yang ditunjukkan pada gambar diatas dapat diketahui, bahwa dengan dimensi *patch rugby ball* dan menggunakan *ground plane* yang mengikuti dimensi antena setelah optimasi, dapat bekerja pada frekuensi yang telah ditentukan, yaitu pada frekuensi 2.4GHz. Namun performa tersebut masih bisa ditingkatkan dengan optimasi sehingga memiliki performansi yang lebih baik.

Perbaikan dan optimasi dari antenna dasar ini akan dilakukan melalui simulasi dengan mengubah – ubah dimensi dari *ground plane* dan *patch*, khusus untuk *patch* yang diubah adalah bagian lingkaran atas supaya antenna tetap berbentuk *rugby ball*.

#### B. Optimasi penambahan Antena satu *Patch (seed)* sudut $90^\circ$

Hasil yang didapatkan kemudian dioptimasi dengan mengubah dimensi pada bagian *groundplane* adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 9 Optimasi antenna *rugby ball* dua *patch* sudut  $90^\circ$  melalui *ground plane*

Antena	Lebar ( $W_g$ ) (mm)	Panjang ( $L_g$ ) (mm)	VSWR	Gain
GP1	20	102	1.8706	4.846
GP2	20	101	1.7769	4.715
GP3	20	100	1.6948	4.605
GP4	20	99	1.6277	4.489
GP5	20	98	1.5874	4.376
GP6	20	97	1.5580	4.270
GP7	20	96	1.5403	4.174
GP8	20	95	1.5678	4.073
GP9	20	94	1.6007	3.974
GP10	20	93	1.6505	3.874
GP11	20	92	1.7274	3.785
GP12	20	91	1.8068	3.700
GP13	20	90	1.8854	3.627
GP14	20	89	1.9937	3.580
GP15	20	88	2.0498	3.558

Setelah dilakukan optimasi dengan percobaan variasi dimensi *groundplane*, didapatkan hasil VSWR dan Gain yang optimal pada percobaan GP7, dengan dimensi panjang *groundplane* ( $L_g$ ) = 9.6 cm, dan lebar *groundplane* ( $W_g$ ) = 2 cm.

Kemudian antenna GP7 kita optimasikan dengan mengubah bagian *patch*. Hasil yang didapatkan pada antenna 3D setelah dioptimasi dengan mengubah dimensi pada bagian *patch* adalah sebagai berikut :

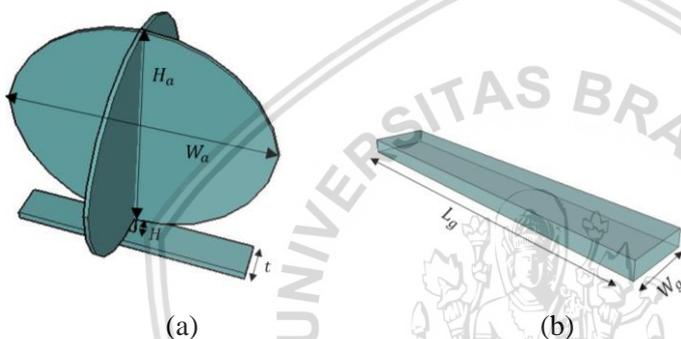
Tabel 4. 10 Optimasi antenna *rugby ball* dua *patch* sudut  $90^\circ$  melalui *patch*

Antena	Diameter Lingkaran atas ( $W_{pa}$ ) (mm)	VSWR	Gain (dB)
1	158	1.5437	4.179
2	159	1.5550	4.173
3	160	1.5633	4.177
4	161	1.5662	4.180
5	162	1.5730	4.186
6	163	1.5788	4.190
7	164	1.5875	4.197
8	165	1.5947	4.203
9	166	1,6005	4.213
10	167	1.6045	4.226
11	156	1.5412	4.166

12	155	1.5355	4.167
13	154	1.5367	4.163
14	153	1.5405	4.150
15	152	1.5444	4.150
16	151	1.5520	4.137
17	150	1.5534	4.140
18	149	1.5654	4.134
19	148	1.5747	4.120
20	147	1.5840	4.106

Setelah dilakukan optimasi penambahan satu patch (Seed), didapatkan hasil VSWR dan Gain yang optimal pada percobaan antenna nomor 12, dengan patch bagian diameter lingkaran atas ( $W_1$ ) = 15.5 cm, dan bagian diameter lingkaran bawah ( $W_2$ ) = 13.5 cm.

Berikut gambar antenna rugby ball dua patch sudut 90° serta dimensi - dimensinya:

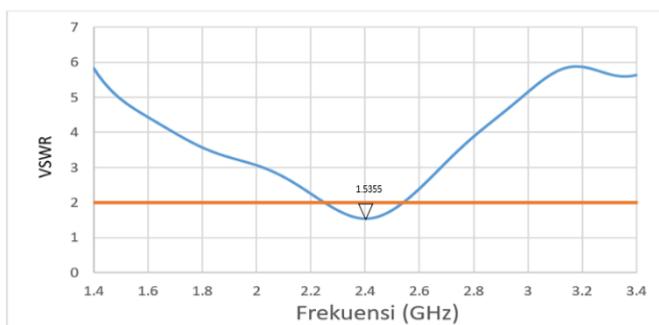


Gambar 4.15 Bentuk Antena Rugby Ball dua patch sudut 90° setelah optimasi  
 4.6.1. Patch antenna rugby ball. b) Ground Plane antenna rugby ball  
 Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 11 Dimensi antenna rugby ball dua patch sudut 90° sesudah optimasi

Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	120.5 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari Feed Point	$H$	1 mm
Lebar Ground Plane	$W_g$	20 mm
Panjang Ground Plane	$L_g$	96 mm

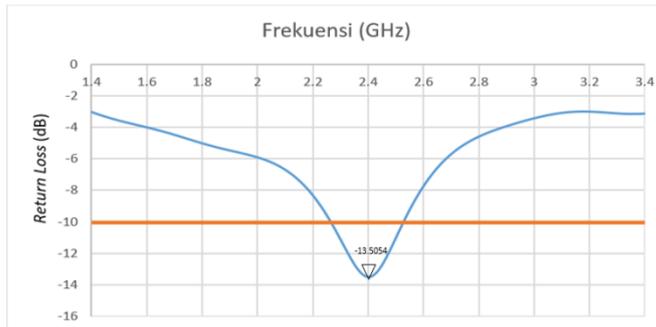
Berikut merupakan grafik performa dari antenna nomor 12 melalui segi VSWR :



Gambar 4.16 Grafik VSWR antenna dua patch sudut 90° setelah dioptimasi  
 Sumber : Perancangan (2018)

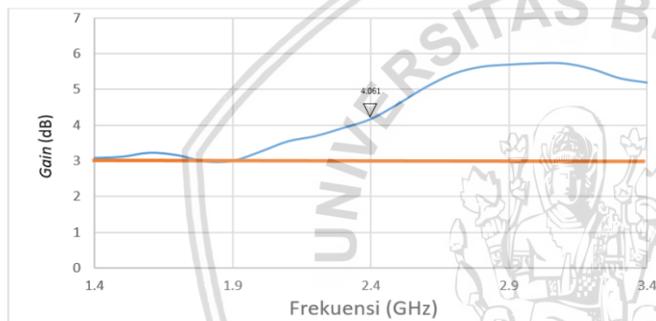
Nilai – nilai parameter antenna akan dijelaskan dibawah ini :

- *Return Loss* antenna ini pada frekuensi 2.4GHz bernilai -13.505447dB sehingga dapat bekerja dengan baik.



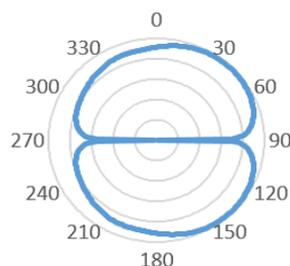
Gambar 4.17 Grafik *Return Loss* antenna dua patch sudut 90° setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

- *Gain* antenna ini pada frekuensi 2.4GHz bernilai 4.061dB berikut grafiknya.



Gambar 4.18 Grafik *Gain* antenna dua patch sudut 90° setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

- Pola radiasi antenna ini jenisnya adalah omnidireksional, dikarenakan pola radiasi dari antenna memiliki dua arah. Pola radiasi dari antenna ini terdapat pada sudut 30.101 °sampai 56.658° dan 123.34° sampai dengan 149.9°. Berikut gambar pola radiasi pada antenna :



Gambar 4.19 Grafik Pola radiasi antenna dua patch sudut 90° setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

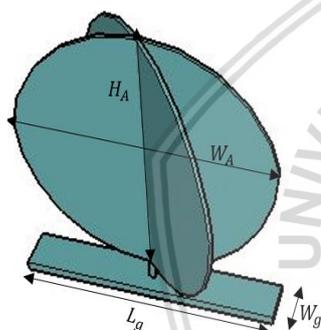
- *Bandwidth* antenna ini dapat dilihat dari parameter VSWR atau *Return Loss*, frekuensi kerja minimum antenna ini adalah 2.2644GHz dan frekuensi

maksimumnya bernilai 2.5279GHz. Besar bandwidthnya adalah 0.2635 GHz atau 263 MHz.

#### 4.6.2. Penambahan *Patch (Seed)* sebanyak satu buah dengan sudut $45^\circ$

Penambahan *patch (Seed)* sebanyak satu *patch* ini dilakukan pada sudut  $45^\circ$  dari *patch* antenna dasar 3D dengan menggunakan dimensi yang sama, kemudian akan dioptimasi pada bagian *ground plane* dan *patch* antenna sehingga dapat bekerja pada frekuensi 2.4GHz. Setelah mendapatkan hasil atau performa dari antenna berjumlah dua *patch* ini, akan ditampilkan dengan tabel pada proses optimasinya dan digambarkan secara grafik hasil optimasi antenna tersebut serta bentuk antenna akan ditampilkan dalam bentuk gambar.

##### A. Hasil penambahan satu *patch (seed)* sudut $45^\circ$



Gambar 4.20 Bentuk Antena *Rugby Ball* setelah menjadi dua *patch* sudut  $45^\circ$   
Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 12 Dimensi antenna *rugby ball* dua *patch* sudut  $45^\circ$

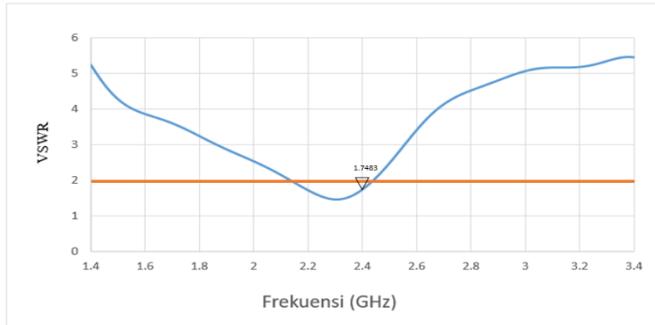
Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	121.5 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari <i>Feed Point</i>	$H$	1 mm
Lebar <i>Ground Plane</i>	$W_g$	20 mm
Panjang <i>Ground Plane</i>	$L_g$	103 mm

Hasil performansi setelah penambahan satu *patch (seed)* sudut  $45^\circ$  yaitu sebagai berikut

Tabel 4. 13 VSWR dan *Gain* dua *patch (seed)* sudut  $45^\circ$

VSWR	Gain
1.7483985	4.569

Berikut merupakan grafik VSWR dari antenna dua *patch* sudut  $45^\circ$  menggunakan dimensi optimasi antenna *rugby ball* setelah optimasi:



Gambar 4.21 Grafik VSWR antenna dua patch sudut  $45^\circ$  menggunakan dimensi optimasi antenna *rugby ball*.

Sumber : Perancangan (2018)

Berdasarkan hasil VSWR yang ditunjukkan pada gambar diatas dapat diketahui, bahwa dengan dimensi patch *rugby ball* dan menggunakan *ground plane* yang mengikuti dimensi antenna setelah optimasi, dapat bekerja pada frekuensi yang telah ditentukan, yaitu pada frekuensi 2.4GHz. Namun performa tersebut masih bisa ditingkatkan dengan optimasi sehingga memiliki performansi yang lebih baik. Perbaikan dan optimasi dari antenna dasar ini akan dilakukan melalui simulasi dengan mengubah – ubah dimensi dari *ground plane* dan *patch*, khusus untuk *patch* yang diubah adalah bagian lingkaran atas supaya antenna tetap berbentuk *rugby*.

#### B. Optimasi penambahan Antena satu *Patch (Seed)* sudut $45^\circ$

Hasil yang didapatkan kemudian dioptimasi dengan mengubah dimensi pada bagian *groundplane* adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 14 Optimasi antenna *rugby ball* dua *patch* sudut  $45^\circ$  melalui *ground plane*

Antena	Lebar (Lg) (mm)	Panjang (Wg) (mm)	VSWR	Gain
GP1	20	102	1.6381	4.443
GP2	20	101	1.5590	4.326
GP3	20	100	1.5318	4.199
GP4	20	99	1.4807	4.093
GP5	20	98	1.4789	4.132
GP6	20	97	1.5171	4.137
GP7	20	96	1.5516	4.130
GP8	20	95	1.6262	4.141
GP9	20	94	1.7103	4.166
GP10	20	93	1.8011	4.174
GP11	20	92	1.9097	4.168
GP12	20	91	2.0247	4.180
GP13	20	90	2.1416	4.169
GP14	20	89	2.2680	4.143
GP15	20	88	2.3985	4.141

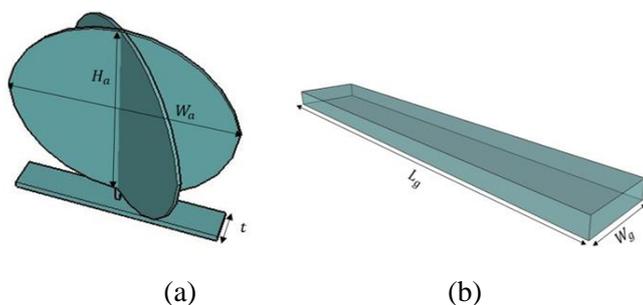
Setelah dilakukan optimasi dengan percobaan variasi dimensi groundplane, didapatkan hasil VSWR dan Gain yang optimal pada percobaan GP7, dengan dimensi panjang groundplane ( $L_g$ ) = 9.8 cm, dan lebar groundplane ( $W_g$ ) = 2 cm.

Kemudian antenna GP5 kita optimasikan dengan mengubah bagian patch. Hasil yang didapatkan pada antenna 3D setelah dioptimasi dengan mengubah dimensi pada bagian patch adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 15 Optimasi antenna *rugby ball* dua patch sudut  $45^\circ$  melalui patch

Antena	Diameter Lingkaran atas ( $W_{pa}$ ) (mm)	VSWR	Gain (dB)
1	158	1.4856	4.122
2	159	1.4866	4.130
3	160	1.4933	4.137
4	161	1.4954	4.142
5	162	1.5000	4.149
6	163	1.5027	4.159
7	164	1.5095	4.170
8	165	1.5139	4.175
9	166	1.5171	4.189
10	167	1.5223	4.197
11	156	1.4768	4.121
12	155	1.4769	4.115
13	154	1.4766	4.111
14	153	1.4791	4.098
15	152	1.4805	4.088
16	151	1.4835	4.081
17	150	1.4881	4.069
18	149	1.4932	4.060
19	148	1.5022	4.039
20	147	1.5094	4.019

Setelah dilakukan optimasi penambahan satu patch (Seed), didapatkan hasil VSWR dan Gain yang optimal pada percobaan antenna nomor 13, dengan patch bagian diameter lingkaran atas ( $W_1$ ) = 15.4 cm, dan bagian diameter lingkaran bawah ( $W_2$ ) = 13.5 cm. Sehingga dimensi antenna tersebut menjadi sebagai berikut :

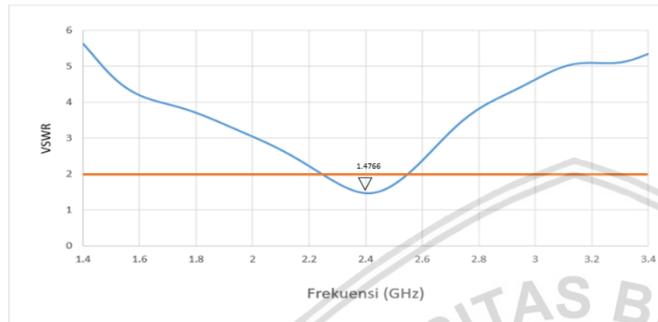


Gambar 4.22 Bentuk Antena *Rugby Ball* dua patch sudut  $45^\circ$  setelah optimasi  
 a) Patch antenna rugby ball. b) Ground Plane antenna rugby ball  
 Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 16 Dimensi antenna *rugby ball* dua patch sudut 45° sesudah optimasi

Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	120 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari <i>Feed Point</i>	$H$	1 mm
Lebar <i>Ground Plane</i>	$W_g$	20 mm
Panjang <i>Ground Plane</i>	$L_g$	98 mm

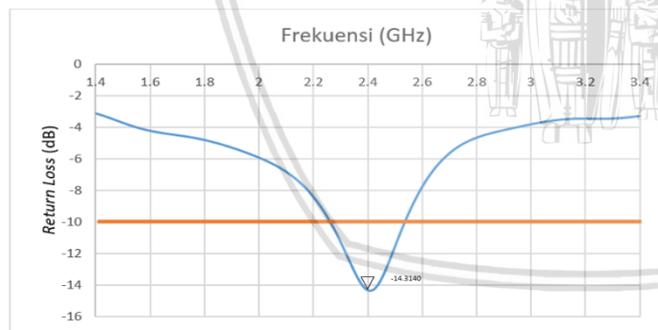
Berikut merupakan grafik performa dari antenna nomor 13 melalui segi VSWR :



Gambar 4.23 Grafik VSWR antenna dua patch sudut 45° setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

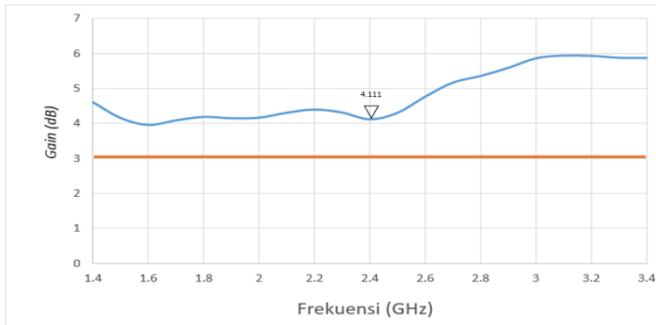
Nilai – nilai parameter antenna akan dijelaskan dibawah ini :

- *Return Loss* antenna ini pada frekuensi 2.4GHz bernilai -14.314036 dB sehingga dapat bekerja dengan baik.



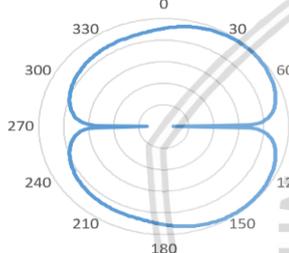
Gambar 4.24 Grafik *Return Loss* antenna dua patch sudut 45° setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

- Gain antenna ini pada frekuensi 2.4GHz bernilai 4.111 dB, berikut grafiknya :



Gambar 4.25 Grafik Gain antenna dua patch sudut  $45^\circ$  setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

- Pola radiasi antenna ini jenisnya adalah omnidireksional, dikarenakan pola radiasi dari antenna memiliki dua arah. Pola radiasi dari antenna ini terdapat pada sudut  $29.964^\circ$  sampai  $55.884^\circ$  dan  $124.12^\circ$  sampai dengan  $150.03^\circ$ . Berikut gambar pola radiasi pada antenna :



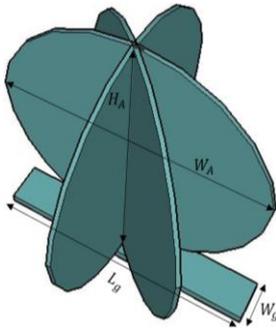
Gambar 4.26 Grafik Pola radiasi antenna dua patch sudut  $45^\circ$  setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

- Bandwidth antenna ini dapat dilihat dari parameter VSWR atau Return Loss, frekuensi kerja minimum antenna ini adalah 2.2622GHz dan frekuensi maksimumnya bernilai 2.5363GHz. Besar bandwidthnya adalah 0.2741 GHz atau 274 MHz.

#### 4.6.3. Penambahan Patch (Seed) sebanyak dua buah

Penambahan patch (Seed) sebanyak dua patch dengan menggunakan dimensi antenna dasar. Kemudian akan dioptimasi pada bagian *ground plane* dan *patch* antenna sehingga dapat bekerja pada frekuensi 2.4GHz. Setelah mendapatkan hasil atau performa dari antenna berjumlah tiga patch ini, akan ditampilkan dengan tabel pada proses optimasinya dan digambarkan secara grafik hasil optimasi antenna tersebut serta bentuk antenna akan ditampilkan dalam bentuk gambar.

## A. Hasil penambahan dua patch (seed)

Gambar 4.27 Bentuk Antena *Rugby Ball* setelah menjadi tiga *patch*

Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 17 Dimensi antena *rugby ball* tiga *patch*

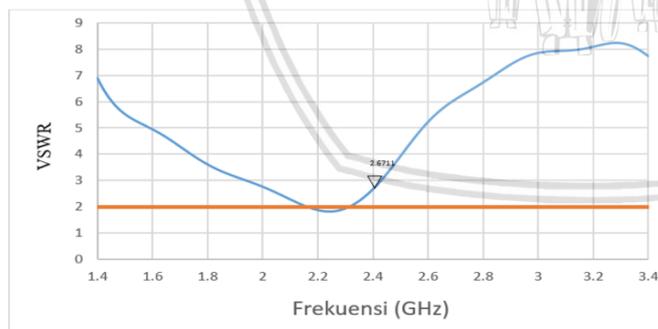
Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	121.5 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari <i>Feed Point</i>	$H$	1 mm
Lebar <i>Ground Plane</i>	$W_g$	20 mm
Panjang <i>Ground Plane</i>	$L_g$	103 mm

Hasil performansi setelah penambahan tiga *patch* (seed) sudut yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 18 VSWR dan *Gain* antena *rugby ball* tiga *patch* (seed)

VSWR	Gain
2.6711	4.539

Berikut merupakan grafik VSWR dari antena tiga *patch* menggunakan dimensi optimasi antena *rugby ball* setelah optimasi:

Gambar 4.28 Grafik VSWR antena tiga *patch* setelah menggunakan dimensi optimasi antena *rugby ball*.

Sumber : Perancangan (2018)

Berdasarkan hasil VSWR yang ditunjukkan pada gambar diatas dapat diketahui, bahwa dengan dimensi *patch rugby ball* dan menggunakan *ground plane* yang mengikuti dimensi antena setelah optimasi, tidak dapat bekerja pada frekuensi yang telah ditentukan, yaitu pada frekuensi 2.4GHz. Namun performa tersebut masih bisa ditingkatkan dengan optimasi sehingga memiliki performansi yang lebih baik.

Perbaikan dan optimasi dari antenna dasar ini akan dilakukan melalui simulasi dengan mengubah – ubah dimensi dari *ground plane* dan *patch*, khusus untuk *patch* yang diubah adalah bagian lingkaran atas supaya antenna tetap berbentuk *rugby*.

#### B. Optimasi penambahan Antena dua *Patch* (*seed*)

Hasil yang didapatkan kemudian dioptimasi dengan mengubah dimensi pada bagian *groundplane* adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 19 Optimasi antenna *rugby ball* tiga *patch* melalui *ground plane*

Antena	Lebar ( $L_g$ ) (mm)	Panjang ( $W_g$ ) (mm)	VSWR	Gain
GP1	20	102	2.4773	4.415
GP2	20	101	2.3130	4.294
GP3	20	100	2.2158	4.170
GP4	20	99	2.0621	4.044
GP5	20	98	1.9753	3.908
GP6	20	97	1.9363	3.787
GP7	20	96	1.8623	3.675
GP8	20	95	1.8618	3.566
GP9	20	94	1.8892	3.466
GP10	20	93	1.9037	3.365
GP11	20	92	1.9793	3.273
GP12	20	91	2.0692	3.199
GP13	20	90	2.1566	3.109
GP14	20	89	2.2886	3.033
GP15	20	88	2.4154	2.971

Setelah dilakukan optimasi dengan percobaan variasi dimensi *groundplane*, didapatkan hasil VSWR dan *Gain* yang optimal pada percobaan GP7, dengan dimensi panjang *ground plane* ( $L_g$ ) = 9.5 cm, dan lebar *ground plane* ( $W_g$ ) = 2 cm.

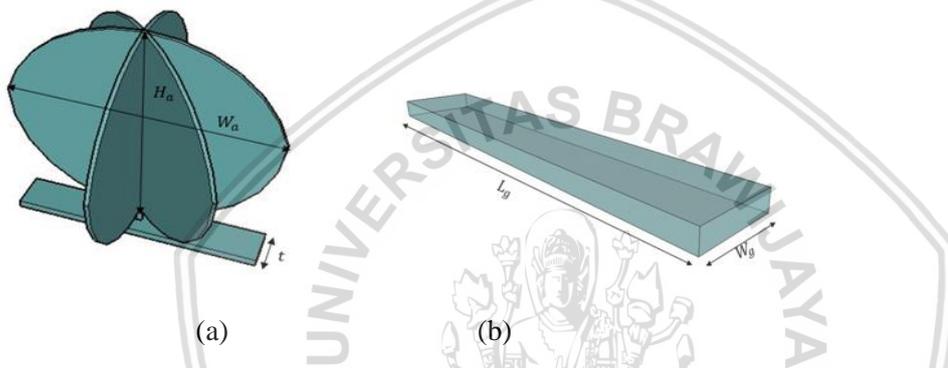
Kemudian antenna GP8 kita optimasikan dengan mengubah bagian *patch*. Hasil yang didapatkan pada antenna setelah dioptimasi dengan mengubah dimensi pada bagian *patch* adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 20 Optimasi antenna *rugby ball* tiga *patch* melalui *patch*

Antena	Diameter Lingkaran atas ( $W_{pa}$ ) (mm)	VSWR	Gain (dB)
1	158	1.8651	3.579
2	159	1.8695	3.583
3	160	1.8812	3.576
4	161	1.8855	3.587
5	162	1.8941	3.583
6	163	1.8972	3.598
7	164	1.9088	3.596
8	165	1.9176	3.600
9	166	1.9191	3.617
10	167	1.9283	3.619
11	156	1.8569	3.571

12	155	1.8504	3.556
13	154	1.8484	3.562
14	153	1.8489	3.546
15	152	1.8476	3.553
16	151	1.8473	3.543
17	150	1.8511	3.525
18	149	1.8551	3.531
19	148	1.8609	3.507
20	147	1.8618	3.494

Setelah dilakukan optimasi penambahan dua+ *patch* (*Seed*), didapatkan hasil VSWR dan *Gain* yang optimal pada percobaan antenna nomor 16, dengan *patch* bagian diameter lingkaran atas ( $W_1$ ) = 15.1cm, dan bagian diameter lingkaran bawah ( $W_2$ ) = 13.5cm. Sehingga dimensi antenna tersebut menjadi sebagai berikut :

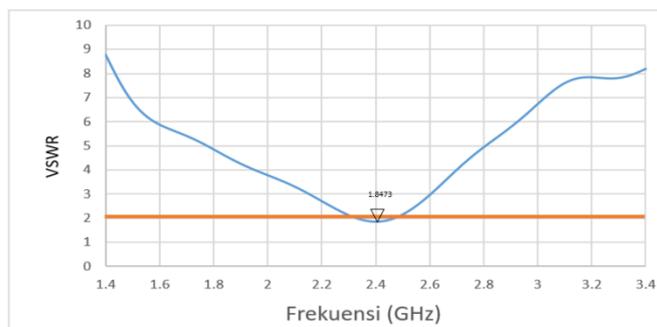


Gambar 4.29 Bentuk Antena Rugby Ball tiga *patch* setelah optimasi  
a) Patch antenna rugby ball. b) Ground Plane antenna rugby ball  
Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 21 Dimensi antenna rugby ball tiga *patch* sesudah optimasi

Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	118.5 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari <i>Feed Point</i>	$H$	1 mm
Lebar <i>Ground Plane</i>	$W_g$	20 mm
Panjang <i>Ground Plane</i>	$L_g$	95 mm

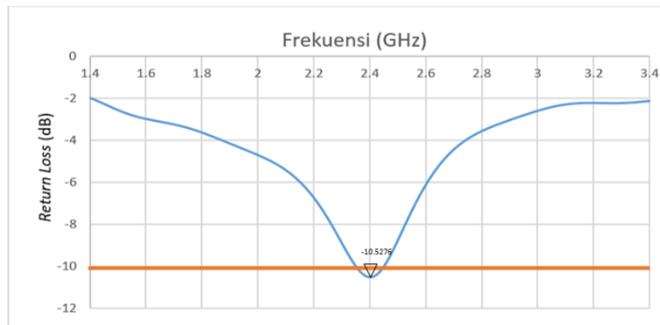
Berikut merupakan grafik performa dari antenna nomor 16 melalui segi VSWR :



Gambar 4.30 Grafik VSWR antenna tiga *patch* setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

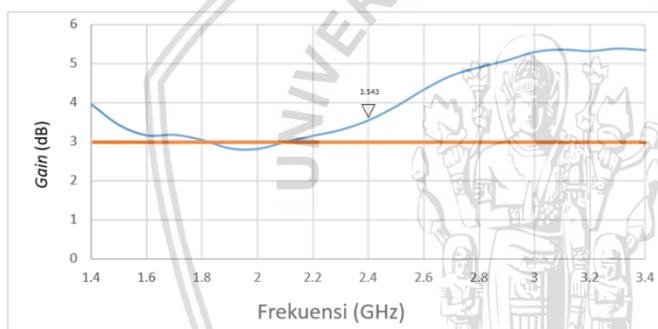
Nilai – nilai parameter antenna akan dijelaskan dibawah ini :

- *Return Loss* antenna ini pada frekuensi 2.4GHz bernilai -10.52761 dB sehingga dapat bekerja dengan baik.



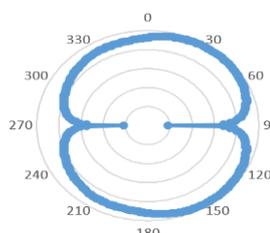
Gambar 4.31 Grafik *Return Loss* antenna tiga *patch* setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

- Gain antenna ini pada frekuensi 2.4GHz bernilai 3.543 dB , berikut grafiknya :



Gambar 4.32 Grafik *Gain* antenna tiga *patch* setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

- Pola radiasi antenna ini jenisnya adalah omnidireksional, dikarenakan pola radiasi dari antenna memiliki dua arah. Pola radiasi dari antenna ini terdapat pada sudut  $57.446^\circ$  sampai  $68.479^\circ$  dan  $111.52^\circ$  sampai dengan  $122.56^\circ$ . Berikut gambar pola radiasi pada antenna :



Gambar 4.33 Grafik Pola radiasi antenna tiga *patch* setelah dioptimasi.  
Sumber : Perancangan (2018)

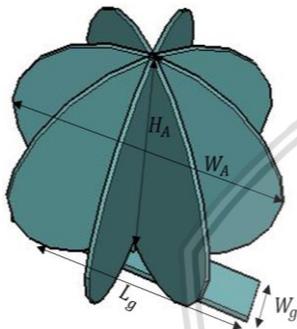
- Bandwidth antenna ini dapat dilihat dari parameter VSWR atau Return Loss, frekuensi kerja minimum antenna ini adalah 2.3493GHz dan frekuensi

maksimumnya bernilai 2.4511GHz. Besar bandwidthnya adalah 0,1018 GHz atau 101 MHz.

#### 4.6.4. Penambahan Patch (Seed) sebanyak tiga buah

Penambahan patch (Seed) sebanyak tiga patch dengan menggunakan dimensi antenna dasar. Kemudian akan dioptimasi pada bagian patch antenna sehingga dapat bekerja pada frekuensi 2.4GHz. Setelah mendapatkan hasil atau performa dari antenna berjumlah tiga patch ini, akan ditampilkan dengan tabel pada proses optimasinya dan digambarkan secara grafik hasil optimasi antenna tersebut serta bentuk antenna akan ditampilkan dalam bentuk gambar.

##### A. Hasil penambahan tiga patch (seed)



Gambar 4.34 Bentuk Antena *Rugby Ball* setelah menjadi empat *patch*  
Sumber : Perancangan (2018)

Tabel 4. 22 Dimensi antenna *rugby ball* empat *patch*

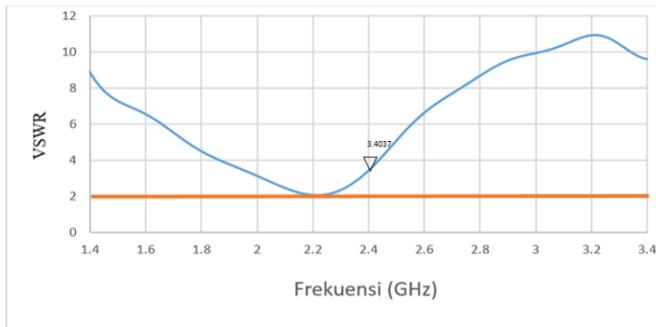
Dimensi dari Antena	Simbol	Ukuran
Tinggi dari Antena	$H_A$	121.5 mm
Lebar dari Antena	$W_A$	135 mm
Tinggi dari <i>Feed Point</i>	$H$	1 mm
Lebar <i>Ground Plane</i>	$W_g$	20 mm
Panjang <i>Ground Plane</i>	$L_g$	103 mm

Hasil performansi setelah penambahan tiga *patch* yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 23 VSWR dan Gain antenna *rugby ball* empat *patch* (*seed*)

VSWR	Gain
3.4037	4.059

Berikut merupakan grafik VSWR dari antenna tiga *patch* yang menggunakan dimensi optimasi antenna *rugby ball* setelah optimasi:



Gambar 4.35 Grafik VSWR antenna tiga *patch* menggunakan dimensi optimasi antenna *rugby ball*.

Sumber : Perancangan (2018)

Berdasarkan hasil VSWR yang ditunjukkan pada gambar diatas dapat diketahui, bahwa dengan dimensi *patch rugby ball* dan menggunakan *ground plane* yang mengikuti dimensi antenna setelah optimasi, tidak dapat bekerja pada frekuensi yang telah ditentukan, yaitu pada frekuensi 2.4GHz. Namun performa tersebut bisa ditingkatkan dengan optimasi sehingga memiliki performansi yang baik. Perbaikan dan optimasi dari antenna dasar ini akan dilakukan melalui simulasi dengan mengubah – ubah dimensi dari *ground plane* dan *patch*, khusus untuk *patch* yang diubah adalah bagian lingkaran atas supaya antenna tetap berbentuk *rugby*.

#### B. Optimasi penambahan Antena tiga *Patch (seed)*

Hasil yang didapatkan kemudian dioptimasi dengan mengubah dimensi pada bagian *groundplane* adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 24 Optimasi antenna *rugby ball* empat *patch* melalui *ground plane*

Antena	Lebar (Lg) (mm)	Panjang (Wg) (mm)	VSWR	Gain
GP1	20	102	3.1099	3.913
GP2	20	101	2.8643	3.773
GP3	20	100	2.7461	3.626
GP4	20	99	2.4892	3.476
GP5	20	98	2.3513	3.336
GP6	20	97	2.3072	3.191
GP7	20	96	2.1704	3.039
GP8	20	95	2.1438	2.906
GP9	20	94	2.1766	2.765
GP10	20	93	2.1614	2.638
GP11	20	92	2.2351	2.554
GP12	20	91	2,3500	2.495
GP13	20	90	2.4504	2.424
GP14	20	89	2.6171	2.395
GP15	20	88	2.7859	2.321

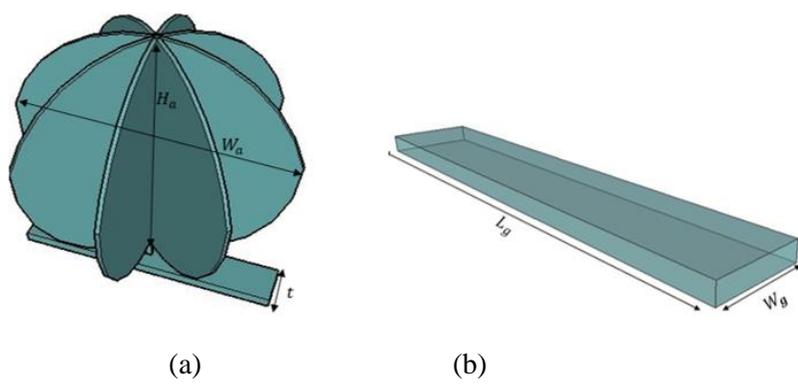
Setelah dilakukan optimasi dengan percobaan variasi dimensi groundplane, didapatkan hasil VSWR dan *Gain* yang paling mendekati parameter – parameter antenna terdapat pada percobaan GP8, dengan dimensi panjang *ground plane* ( $L_g$ ) = 9.5 cm, dan lebar *ground plane* ( $W_g$ ) = 2 cm.

Kemudian antenna GP8 kita optimasikan dengan mengubah bagian *patch*. Hasil yang didapatkan pada antenna setelah dioptimasi dengan mengubah dimensi pada bagian *patch* adalah sebagai berikut :

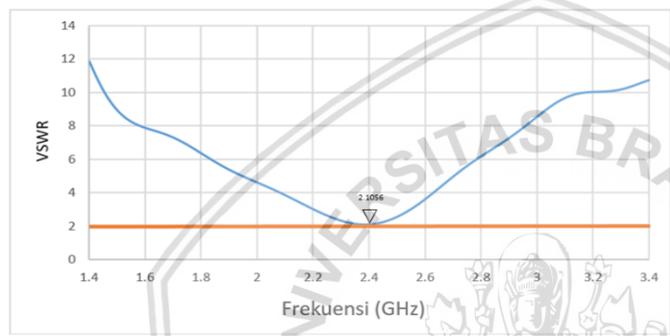
Tabel 4. 25 Optimasi antenna *rugby ball* empat *patch* melalui *patch*

Antena	Diameter Lingkaran atas ( $W_{pa}$ ) (mm)	VSWR	Gain (dB)
1	158	2.1474	2.897
2	159	2.1504	2.912
3	160	2.1639	2.912
4	161	2.1657	2.925
5	162	2.1757	2.932
6	163	2.1762	2.966
7	164	2.1895	2.986
8	165	2.1985	2.995
9	166	2.1947	3.018
10	167	2.2037	3.017
11	156	2.1344	2.902
12	155	2.1288	2.889
13	154	2.1242	2.898
14	153	2.1185	2.895
15	152	2.1165	2.900
16	151	2.1065	2.889
17	150	2.1148	2.895
18	149	2.1056	2.904
19	148	2.1109	2.906
20	147	2.1114	2.904

Setelah dilakukan optimasi penambahan tiga *patch* (*Seed*), tidak didapatkan hasil VSWR dan *Gain* yang optimal, namun percobaan yang paling bagus terdapat pada percobaan antenna nomor 18, dengan *patch* bagian diameter lingkaran atas ( $W_1$ ) = 14.9 cm, dan bagian diameter lingkaran bawah ( $W_2$ ) = 13.5 cm. Berikut merupakan grafik performa dari antenna nomor 18 melalui segi VSWR :



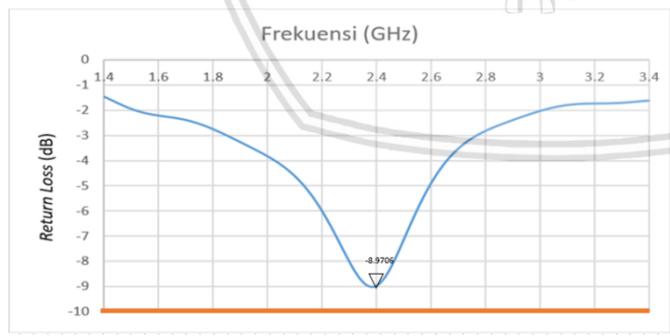
Gambar 4.36 Bentuk Antena Rugby Ball empat patch setelah optimasi  
 a) Patch antenna rugby ball. b) Ground Plane antenna rugby ball  
 Sumber : Perancangan (2018)



Gambar 4.37 Grafik VSWR antenna empat patch setelah dioptimasi.  
 Sumber : Perancangan (2018)

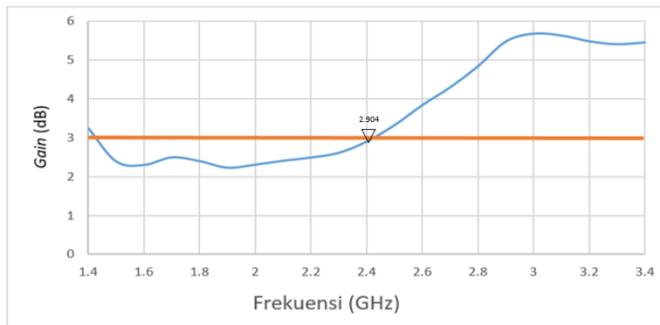
Nilai – nilai parameter antenna akan dijelaskan dibawah ini :

- Return Loss antenna ini pada frekuensi 2.4GHz bernilai -8.9706674 dB sehingga antenna ini tidak dapat bekerja.



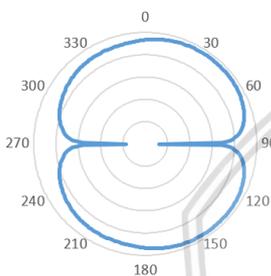
Gambar 4.38 Grafik Return Loss antenna empat patch setelah dioptimasi.  
 Sumber : Perancangan (2018)

- Gain antenna ini pada frekuensi 2.4GHz bernilai 2.904 dB, berikut grafiknya :



Gambar 4.39 Grafik Gain antenna tiga patch setelah dioptimasi.  
 Sumber : Perancangan (2018)

- Pola radiasi, pola radiasi di antenna ini omnidirectional tetapi dikarenakan Gain dibawah 3dB pada frekuensi kerja 2.4GHz maka antenna ini tidak dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 2.4GHz.



Gambar 4.40 Grafik Pola Radiasi antenna tiga patch setelah dioptimasi.  
 Sumber : Perancangan (2018)

- Bandwidth antenna ini dapat dilihat dari parameter VSWR atau Return Loss, frekuensi kerja antenna ini tidak terdapat pada frekuensi 2.4GHz.

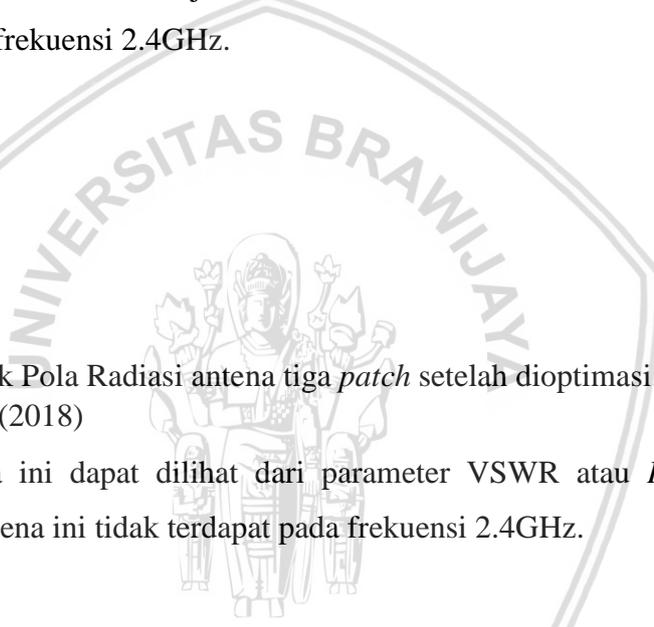
#### 4.7. Analisis hasil perbandingan perancangan antenna

Berikut ini merupakan perbandingan dimensi antenna yang dapat bekerja pada frekuensi 2.4GHz dengan memenuhi parameter – parameter performansi antenna.

1. Perbandingan dimensi masing – masing antenna adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 26 Perbandingan dimensi antenna yang dapat bekerja dengan optimal pada frekuensi 2.4GHz

Antena Dimensi	Antena patch 1	Antena patch 2 sudut 90	Antena patch 2 sudut 45	Antena patch 3	Antena patch 4
$L_g$ (Panjang Groundplane) (mm)	103	96	98	95	-
$W_g$ (Lebar groundplane) (mm)	20	20	20	20	-
$H_a$ (Tinggi antenna) (mm)	121.5	120.5	120	118.5	-



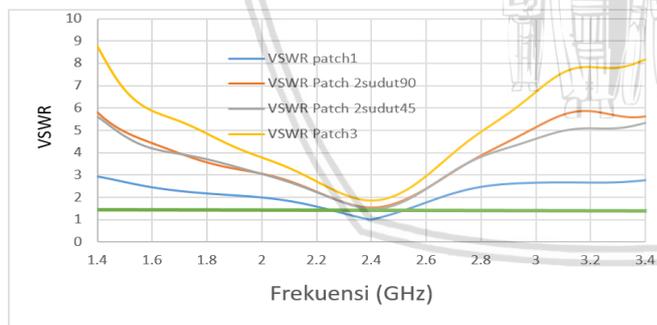
$W_a$ (Lebar Antena) (mm)	135	135	135	135	-
$W_{pa}$ (Diameter lingkaran atas antena) (mm)	157	155	154	151	-
$W_{pb}$ (Diameter lingkaran bawah antena) (mm)	135	135	135	135	-

2. Perbandingan performansi masing – masing antena adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 27 Perbandingan performansi antena yang dapat bekerja dengan optimal pada frekuensi 2.4GHz

Antena Performansi	Antena patch 1	Antena patch 2 sudut 90	Antena patch 2 sudut 45	Antena patch 3	Antena patch 4
VSWR	1.0257	1.5355	1.4766	1.8473	-
Return Loss (dB)	-37.9012	-13.50544	-14.31303	10.52761	-
Gain (dB)	4.958	4.1670	4.111	3.543	-
Pola Radiasi	Omnidireksional	Omnidireksional	Omnidireksional	Omnidireksional	-
Bandwidth (Hz)	658 MHz	263 MHz	274 MHz	101MHz	-

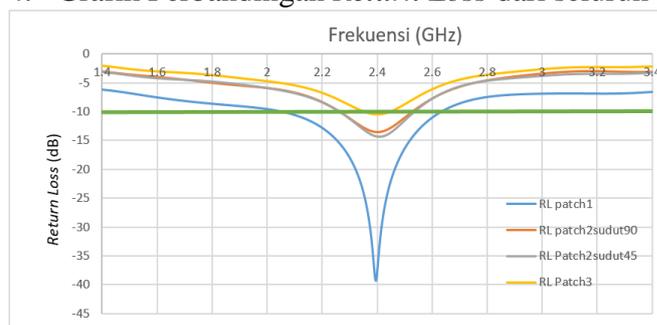
3. Grafik Perbandingan VSWR dari seluruh antena adalah sebagai berikut :



Gambar 4.41 Grafik perbandingan VSWR seluruh antena.

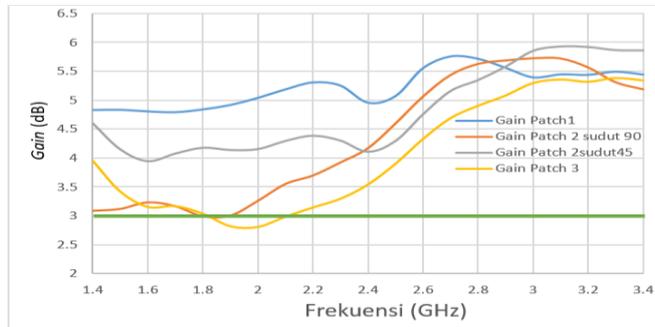
Sumber : Perancangan (2018)

4. Grafik Perbandingan Return Loss dari seluruh antena adalah sebagai berikut :



Gambar 4.42 Grafik perbandingan *Return Loss* seluruh antenna.  
Sumber : Perancangan (2018)

5. Grafik Perbandingan *Gain* dari seluruh antenna adalah sebagai berikut :



Gambar 4.43 Grafik perbandingan *Gain* seluruh antenna.  
Sumber : Perancangan (2018)

Dapat dilihat pada lima jenis data diatas bahwa penambahan *patch* pada antenna *rugby ball* menghasilkan hasil yang bervariasi. Hasil yang pertama merupakan dimensi masing - masing antenna yang dapat bekerja secara optimal pada frekuensi 2.4GHz adalah bervariasi dapat dilihat pada table 4.26. Hasil yang kedua menunjukkan bahwa apabila terjadi penambahan *patch* pada antenna dapat mengurangi performansi frekuensi kerja antenna jika dilihat dari parameter *VSWR* dan *Return Loss* pada frekuensi 2.4 GHz dapat dilihat pada gambar 4.41 dan gambar 4.42. Hasil yang ketiga merupakan perbandingan frekuensi kerja secara keseluruhan dari 1.4 GHz sampai 3.4 GHz dimana tanpa adanya penambahan *patch* akan memiliki frekuensi kerja yang paling panjang apabila dilihat dari parameter *VSWR* maupun parameter *Return Loss*. Hasil yang keempat menunjukkan nilai parameter *Gain* pada setiap penambahan jumlah *Patch* akan berkurang.

#### 4.8. Analisis perhitungan parameter – parameter antenna

Setelah mendapatkan hasil simulasi dari antenna diatas, kita dapat menghitung berapa besar parameter – parameternya, apakah sesuai dengan perhitungan simulasinya. Beberapa parameter yang akan dihitung secara manual adalah  $VSWR$ ,  $Z_c$ ,  $Z_{ant}$ ,  $S_{11}$  (*Return Loss*),  $\Gamma$  (Koefisien pantul),  $\tau$  (*Nonreflected coefficient*),  $P_{abs}$  (*Power Absorbed*),  $P_{inc}$  (*Power Incident*), dan  $P_{ref}$  (*Power Reflected*). Selanjutnya akan kita hitung nilai – nilai tersebut dibawah ini :

Langkah awal adalah untuk menentukan berapa nilai  $Z_c$  (Impedansi Kabel) :

Impedansi kabel yang digunakan pada skripsi ini adalah sebesar  $50\Omega$ , dikarenakan impedansi ini merupakan impedansi yang paling banyak digunakan untuk penggunaan pada

frekuensi tinggi, impedansi yang paling optimal buat konstruksi kabel *coaxial* untuk menghasilkan *power handling* yang tinggi namun memiliki faktor redaman yang cukup rendah

$$Z_c = 50\Omega$$

Sedangkan melalui simulasi yang dilakukan, nilai *VSWR* yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$VSWR = 1.0257 \text{ (Antena Patch Satu)}$$

$$VSWR = 1.5355 \text{ (Antena Patch Satu)}$$

$$VSWR = 1.4766 \text{ (Antena Patch Satu)}$$

$$VSWR = 1.8473 \text{ (Antena Patch Satu)}$$

$$VSWR = 2.1056 \text{ (Antena Patch Satu)}$$

#### 4.8.1. Analisis Perhitungan Parameter Antena Patch satu

##### A. $\Gamma$ (koefisien pantul) :

Nilai koefisien pantul dapat kita ketahui dengan mengetahui nilai *VSWR* yang didapatkan dari simulasi antena tersebut, berikut perhitungan  $\Gamma$  (koefisien pantul) masing – masing antena tersebut :

Patch satu, dengan nilai *VSWR* sebesar 1.0257

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$$

$$\Gamma = \frac{VSWR-1}{VSWR+1}$$

$$\Gamma = \frac{1.0257-1}{1.0257+1}$$

$$\Gamma = \frac{0.0257}{2.0257}$$

$$\Gamma = 0.01268697$$

##### B. $Z_{oe}$ dan $Z_{oo}$ (Mutual Coupling Even And Odd) :

Nilai Coupling antenna dapat diketahui dengan menghitung nilai Coupling. Yang didapatkan dari perhitungan dibawah ini :

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}} \quad Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$C = 10^{-\frac{(RL \text{ Requirement})}{RL \text{ minimum}}}$$

$$C = 10^{-\left(\frac{10}{37.932842}\right)}$$

$$C = 10^{-0.2636238012}$$

$$C = 0.5449745216$$

Even

Odd

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+0.5449745216}{1-0.5449745216}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-0.5449745216}{1+0.5449745216}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1.5449745216}{0.4550254784}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{0.4550254784}{1.5449745216}}$$

$$Z_{oe} = 50 \times \sqrt{3.395358271}$$

$$Z_{oo} = 50 \times \sqrt{0.2945197296}$$

$$Z_{oe} = 50 \times 1.842657937$$

$$Z_{oo} = 50 \times 0.5426967197$$

$$Z_{oe} = 92.13289683 \Omega$$

$$Z_{oo} = 27.13483599 \Omega$$

C.  $S_{11}$  (Return Loss) :

Nilai *Return Loss* dalam satuan dB dapat juga diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log |\Gamma|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log |0.01268697|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \times -1.8966421$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 37.932842\text{dB}$$

Atau :

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log |\Gamma|^2$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log (|0.01268697|^2)$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log 0.0001609592$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \times -3.7932842$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -37.932842\text{dB}$$

Nilai *Return Loss* dalam persen dapat diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |\Gamma|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |0.01268697|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times 0.0001609592$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 0.01609595\%$$

D.  $\tau$  (Non-Reflected Coefficient) :

$$\tau^2 = 1 - \Gamma^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.01268697^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.0001609592$$

$$\tau^2 = 0.99983904$$

$$\tau = 0.99991952$$

E.  $P_{abs}$  (Power Absorbed)

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \text{Re} \{V_L I_L\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \text{Re} \{V (Z = 0) I (Z = 0)\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2 Z_c} \text{Re} \{ (V_0^+ [e^{-j\beta^0} + \Gamma e^{+j\beta^0}]) (V_0^+ [e^{-j\beta^0} - \Gamma e^{+j\beta^0}]) \}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \text{Re} \{1 - (\Gamma - \Gamma) - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{\tau\}$$

$$P_{abs} = \frac{|2.0257|^2}{2 \times 50} \{0.99991952\}$$

$$P_{abs} = \frac{4.10346049}{100} \{0.99991952\}$$

$$P_{abs} = 0.0410346 \times \{0.99991952\}$$

$$P_{abs} = 0.0410313 \text{ watt}$$

$$P_{abs} = 41.0313 \text{ mW}$$

Atau

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} - \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{abs} = \frac{|2.0257|^2}{2 \times 50} - \frac{|0.0257|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{abs} = \frac{4.10346049 - 0.00066049}{100}$$

$$P_{abs} = \frac{4.1028}{100}$$

$$P_{abs} = 0.041028 \text{ watt}$$

$$P_{abs} = 41.028 \text{ mW}$$

F.  $P_{inc}$  (Power Incident)

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|2.0257|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{4.10346049}{100}$$

$$P_{inc} = P^+ = 0.0410346049 \text{ Watt}$$

$$P_{inc} = P^+ = 41.0346049 \text{ mW}$$

G.  $P_{ref}$  (Power Reflected)

$$P_{ref} = P^- = \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{|0.0257|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{0.00066049}{100}$$

$$P_{ref} = P^- = 0.0000066049 \text{ Watt}$$

$$P_{ref} = P^- = 0.0066049 \text{ mW}$$

Atau

$$P_{ref} = |\Gamma|^2 P_{inc}$$

$$P_{ref} = |0.01268697|^2 \times 41.0346$$

$$P_{ref} = 0.0001609592 \times 41.0346$$

$$P_{ref} = 0.006604896 \text{ mW}$$

#### 4.8.2. Analisis Perhitungan Parameter Antena Patch dua sudut 90°

A.  $\Gamma$  (koefisien pantul) :

Nilai koefisien pantul dapat kita ketahui dengan mengetahui nilai  $VSWR$  yang didapatkan dari simulasi antena tersebut, berikut perhitungan  $\Gamma$  (koefisien pantul) masing – masing antena tersebut :

Dua *Patch* dengan sudut 90°, dengan nilai  $VSWR$  sebesar 1.5355

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$$

$$\Gamma = \frac{VSWR-1}{VSWR+1}$$

$$\Gamma = \frac{1.5355 - 1}{1.5355 + 1}$$

$$\Gamma = \frac{0.5355}{2.5355}$$

$$\Gamma = 0.21120095$$

B.  $Z_{oe}$  dan  $Z_{oo}$  (Mutual Coupling Even And Odd) :

Nilai Coupling antenna dapat diketahui dengan menghitung nilai Coupling. Yang didapatkan dari perhitungan dibawah ini :

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}} \quad Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$C = 10^{-\frac{(RL \text{ Requirement})}{RL \text{ minimum}}}$$

$$C = 10^{-(10/13.506082)}$$

$$C = 10^{-0.7404071736}$$

$$C = 0.1817995594$$

*Even*

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+0.1817995594}{1-0.1817995594}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1.1817995594}{0.8182004406}}$$

$$Z_{oe} = 50 \times \sqrt{1.444388808}$$

*Odd*

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-0.1817995594}{1+0.1817995594}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{0.8182004406}{1.1817995594}}$$

$$Z_{oo} = 50 \times \sqrt{0.6923343591}$$

$$Z_{oe} = 50 \times 1.201827279$$

$$Z_{oo} = 50 \times 0.8320663189$$

$$Z_{oe} = 60.09136394 \Omega$$

$$Z_{oo} = 41.60331595 \Omega$$

C.  $S_{11}$  (Return Loss) :

Nilai *Return Loss* dalam satuan dB dapat juga diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log |\Gamma|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log |0.21120095|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \times -0.6753041$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -13.506082\text{dB}$$

Atau :

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log |\Gamma|^2$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log (|0.21120095|^2)$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log 0.04460584$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \times -1.3506083$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -13.506083\text{dB}$$

Nilai *Return Loss* dalam persen dapat diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |\Gamma|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |0.21120095|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times 0.04460584$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 4.460584\%$$

D.  $\tau$  (Non-Reflected Coefficient) :

$$\tau^2 = 1 - \Gamma^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.21120095^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.04460584$$

$$\tau^2 = 0.9553942$$

$$\tau = 0.97744268$$

E.  $P_{abs}$  (Power Absorbed)

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{V_L I_L\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{V(Z=0) I(Z=0)\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2 Z_c} \operatorname{Re} \{ (V_0^+ [e^{-j\beta^0} + \Gamma e^{+j\beta^0}]) (V_0^+ [e^{-j\beta^0} - \Gamma e^{+j\beta^0}]) \}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \operatorname{Re} \{1 - (\Gamma - \Gamma) - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{\tau\}$$

$$P_{abs} = \frac{|2.5355|^2}{2 \times 50} \{0.97744268\}$$

$$P_{abs} = \frac{6.42876025}{100} \{0.97744268\}$$

$$P_{abs} = 0.0642876025 \times \{0.97744268\}$$

$$P_{abs} = 0.06283745 \text{ watt}$$

$$P_{abs} = 62.83745 \text{ mW}$$

Atau

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} - \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{abs} = \frac{|2.5355|^2}{2 \times 50} - \frac{|0.5355|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{abs} = \frac{6.42876025 - 0.28676025}{100}$$

$$P_{abs} = \frac{6.142}{100}$$

$$P_{abs} = 0.06142 \text{ watt}$$

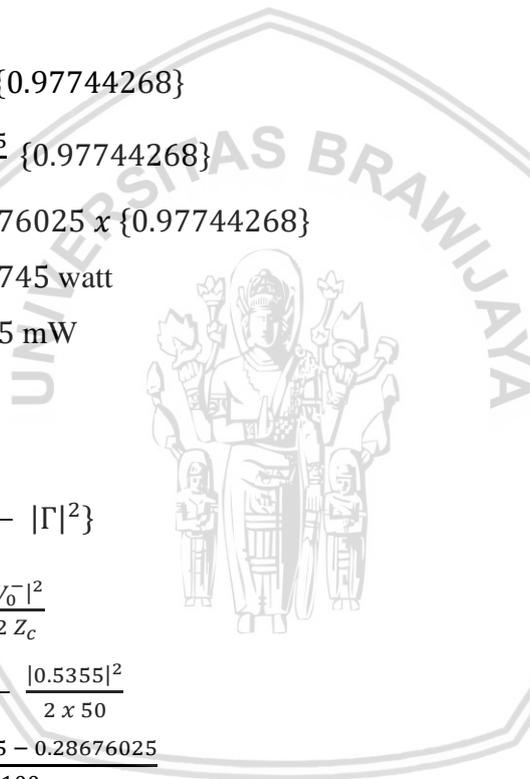
$$P_{abs} = 61.42 \text{ mW}$$

F.  $P_{inc}$  (Power Incident)

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|2.5355|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{6.42876025}{100}$$



$$P_{inc} = P^+ = 0.0642876025 \text{ Watt}$$

$$P_{inc} = P^+ = 64.2876025 \text{ mW}$$

G.  $P_{ref}$  (Power Reflected)

$$P_{ref} = P^- = \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{|0.5355|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{0.28676025}{100}$$

$$P_{ref} = P^- = 0.0028676025 \text{ Watt}$$

$$P_{ref} = P^- = 2.8676025 \text{ mW}$$

Atau

$$P_{ref} = |\Gamma|^2 P_{inc}$$

$$P_{ref} = |0.21120095|^2 \times 64.2876025$$

$$P_{ref} = 0.04460584 \times 64.2876025$$

$$P_{ref} = 2.86760251 \text{ mW}$$

#### 4.8.3. Analisis Perhitungan Parameter Antena Patch dua sudut 45°

A.  $\Gamma$  (koefisien pantul) :

Nilai koefisien pantul dapat kita ketahui dengan mengetahui nilai  $VSWR$  yang didapatkan dari simulasi antena tersebut, berikut perhitungan  $\Gamma$  (koefisien pantul) masing – masing antena tersebut :

Dua *Patch* dengan sudut 45°, dengan nilai  $VSWR$  sebesar 1.4766

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$\Gamma = \frac{1.4766 - 1}{1.4766 + 1}$$

$$\Gamma = \frac{0.4766}{2.4766}$$

$$\Gamma = 0.19244125$$

B.  $Z_{oe}$  dan  $Z_{oo}$  (Mutual Coupling Even And Odd) :

Nilai Coupling antenna dapat diketahui dengan menghitung nilai Coupling. Yang didapatkan dari perhitungan dibawah ini :

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}} \quad Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$C = 10^{-\frac{(RL \text{ Requirement})}{RL \text{ minimum}}}$$

$$C = 10^{-\left(\frac{10}{14.314036}\right)}$$

$$C = 10^{-0.6986149818}$$

$$C = 0.2001635608$$

Even

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+0.2001635608}{1-0.2001635608}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1.2001635608}{0.7998364392}}$$

$$Z_{oe} = 50 \times \sqrt{1.500511232}$$

$$Z_{oe} = 50 \times 1.224953563$$

$$Z_{oe} = 61.24767819 \Omega$$

Odd

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-0.2001635608}{1+0.2001635608}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{0.7998364392}{1.2001635608}}$$

$$Z_{oo} = 50 \times \sqrt{0.6664395298}$$

$$Z_{oo} = 50 \times 0.8163574767$$

$$Z_{oo} = 40.81787384 \Omega$$

C.  $S_{11}$  (Return Loss) :

Nilai *Return Loss* dalam satuan dB dapat juga diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log |\Gamma|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log |0.19244125|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \times -0.7157018$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -14.314036\text{dB}$$

Atau :

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log |\Gamma|^2$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log (|0.19244125|^2)$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log 0.03703363$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \times -1.4314037$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -14.314037\text{dB}$$

Nilai *Return Loss* dalam persen dapat diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |\Gamma|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |0.192441255|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times 0.03703363$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 3.703363\%$$

D.  $\tau$  (Non-Reflected Coefficient) :

$$\tau^2 = 1 - \Gamma^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.192441255^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.03703363$$

$$\tau^2 = 0.96296637$$

$$\tau = 0.9813085$$

E.  $P_{abs}$  (Power Absorbed)

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \text{Re} \{V_L I_L\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \text{Re} \{V (Z = 0) I (Z = 0)\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2 Z_c} \text{Re} \{ (V_0^+ [e^{-j\beta 0} + \Gamma e^{+j\beta 0}]) (V_0^+ [e^{-j\beta 0} - \Gamma e^{+j\beta 0}]) \}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \text{Re} \{1 - (\Gamma - \Gamma) - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{\tau\}$$

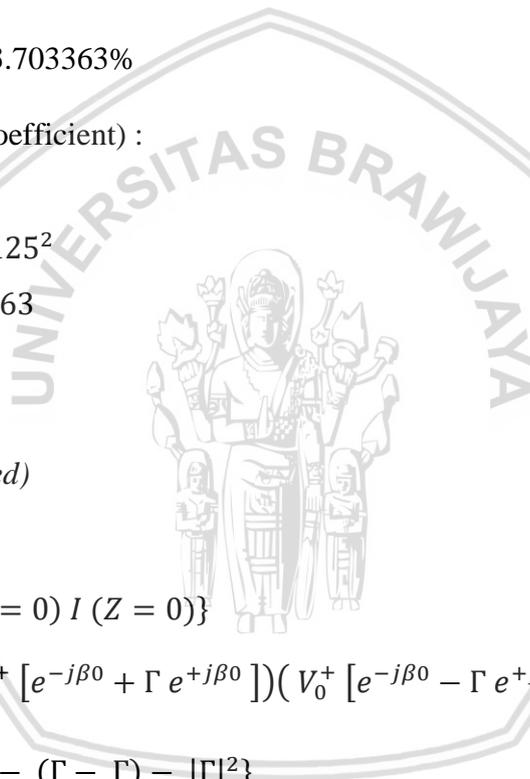
$$P_{abs} = \frac{|2.4766|^2}{2 \times 50} \{0.9813085\}$$

$$P_{abs} = \frac{6.13354756}{100} \{0.9813085\}$$

$$P_{abs} = 0.0613354756 \times \{0.9813085\}$$

$$P_{abs} = 0.06018902 \text{ watt}$$

$$P_{abs} = 60.18902 \text{ mW}$$



Atau

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} - \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{abs} = \frac{|2.4766|^2}{2 \times 50} - \frac{|0.4766|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{abs} = \frac{6.13354756 - 0.22714756}{100}$$

$$P_{abs} = \frac{5.9064}{100}$$

$$P_{abs} = 0.059064 \text{ watt}$$

$$P_{abs} = 59.064 \text{ mW}$$

F.  $P_{inc}$  (Power Incident)

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|2.4766|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{6.13354756}{100}$$

$$P_{inc} = P^+ = 0.0613354756 \text{ Watt}$$

$$P_{inc} = P^+ = 61.3354756 \text{ mW}$$

G.  $P_{ref}$  (Power Reflected)

$$P_{ref} = P^- = \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{|0.4766|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{0.22714756}{100}$$

$$P_{ref} = P^- = 0.0022714756 \text{ Watt}$$

$$P_{ref} = P^- = 2.2714756 \text{ mW}$$

Atau

$$P_{ref} = |\Gamma|^2 P_{inc}$$

$$P_{ref} = |0.19244125|^2 \times 61.3354756$$

$$P_{ref} = 0.03703363 \times 61.3354756$$

$$P_{ref} = 2.27147531 \text{ mW}$$

#### 4.8.4. Analisis Perhitungan Parameter Antena tiga patch

A.  $\Gamma$  (koefisien pantul) :

Nilai koefisien pantul dapat kita ketahui dengan mengetahui nilai  $VSWR$  yang didapatkan dari simulasi antena tersebut, berikut perhitungan  $\Gamma$  (koefisien pantul) masing – masing antena tersebut :

Tiga *Patch*, dengan nilai  $VSWR$  sebesar 1.8473

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$\Gamma = \frac{1.8473 - 1}{1.8473 + 1}$$

$$\Gamma = \frac{0.8473}{2.8473}$$

$$\Gamma = 0.29758016$$

B.  $Z_{oe}$  dan  $Z_{oo}$  (Mutual Coupling Even And Odd) :

Nilai Coupling antena dapat diketahui dengan menghitung nilai Coupling. Yang didapatkan dari perhitungan dibawah ini :

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}} \quad Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$C = 10^{-\frac{(RL \text{ Requirement})}{RL \text{ minimum}}}$$

$$C = 10^{-(10/10.52792)}$$

$$C = 10^{-0.9498552421}$$

$$C = 0.1122392505$$

*Even*

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+0.1122392505}{1-0.1122392505}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1.1122392505}{0.8877607495}}$$

$$Z_{oe} = 50 \times \sqrt{1.252859232}$$

*Odd*

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-0.1122392505}{1+0.1122392505}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{0.8877607495}{1.1122392505}}$$

$$Z_{oo} = 50 \times \sqrt{0.7981742679}$$

$$Z_{oe} = 50 \times 1.119311946 \qquad Z_{oo} = 50 \times 0.8934059928$$

$$Z_{oe} = 55.96559729 \, \Omega \qquad Z_{oo} = 44.67029964 \, \Omega$$

C.  $S_{11}$  (Return Loss) :

Nilai *Return Loss* dalam satuan dB dapat juga diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log |\Gamma|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log |0.29758016|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \times -0.526396$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -10.52792 \text{dB}$$

Atau :

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log |\Gamma|^2$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log (|0.29758016|^2)$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log 0.08855395$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \times -1.0527921$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -10.527921 \text{dB}$$

Nilai *Return Loss* dalam persen dapat diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |\Gamma|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |0.29758016|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times 0.08855395$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 8.855395\%$$

D.  $\tau$  (Non-Reflected Coefficient) :

$$\tau^2 = 1 - \Gamma^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.29758016^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.08855395$$

$$\tau^2 = 0.91144605$$

$$\tau = 0.95469684$$

E.  $P_{abs}$  (Power Absorbed)

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{V_L I_L\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{V (Z = 0) I (Z = 0)\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2 Z_c} \operatorname{Re} \{(V_0^+ [e^{-j\beta^0} + \Gamma e^{+j\beta^0}]) (V_0^+ [e^{-j\beta^0} - \Gamma e^{+j\beta^0}])\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \operatorname{Re} \{1 - (\Gamma - \Gamma) - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{\tau\}$$

$$P_{abs} = \frac{|2.8473|^2}{2 \times 50} \{0.95469684\}$$

$$P_{abs} = \frac{8,10711729}{100} \{0.95469684\}$$

$$P_{abs} = 0.0810711729 \times \{0.95469684\}$$

$$P_{abs} = 0.07739839 \text{ watt}$$

$$P_{abs} = 77.39839 \text{ mW}$$

Atau

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} - \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{abs} = \frac{|2.8473|^2}{2 \times 50} - \frac{|0.8473|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{abs} = \frac{8,10711729 - 0.71791729}{100}$$

$$P_{abs} = \frac{7.3892}{100}$$

$$P_{abs} = 0.073892 \text{ watt}$$

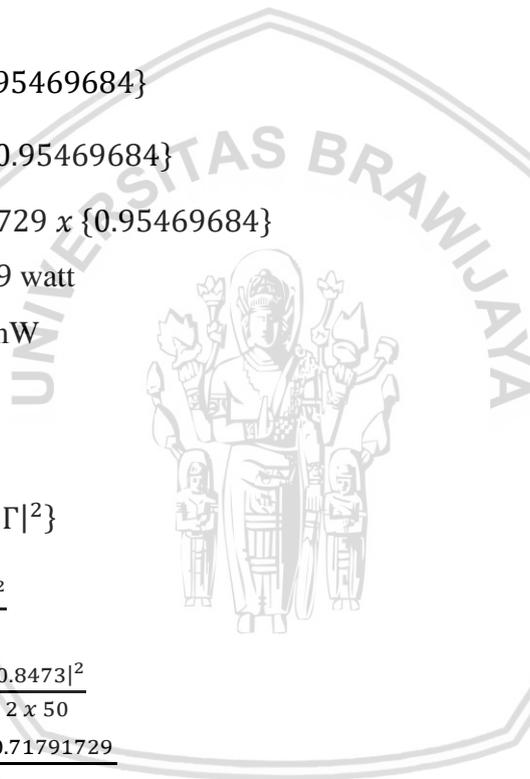
$$P_{abs} = 73.892 \text{ mW}$$

F.  $P_{inc}$  (Power Incident)

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|2.8473|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{8,10711729}{100}$$



$$P_{inc} = P^+ = 0.0810711729 \text{ Watt}$$

$$P_{inc} = P^+ = 81.0711729 \text{ mW}$$

G.  $P_{ref}$  (Power Reflected)

$$P_{ref} = P^- = \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{|0.8473|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{0.71791729}{100}$$

$$P_{ref} = P^- = 0.0071791729 \text{ Watt}$$

$$P_{ref} = P^- = 7.1791729 \text{ mW}$$

Atau

$$P_{ref} = |\Gamma|^2 P_{inc}$$

$$P_{ref} = |0.29758016|^2 \times 81.0711729$$

$$P_{ref} = 0.08855395 \times 81.0711729$$

$$P_{ref} = 7.17917259 \text{ mW}$$

#### 4.8.5 Analisis Perhitungan Parameter Antena empat patch

A.  $\Gamma$  (koefisien pantul) :

Nilai koefisien pantul dapat kita ketahui dengan mengetahui nilai  $VSWR$  yang didapatkan dari simulasi antena tersebut, berikut perhitungan  $\Gamma$  (koefisien pantul) masing – masing antena tersebut :

Empat *Patch*, dengan nilai  $VSWR$  sebesar 2.1056

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$\Gamma = \frac{2.1056 - 1}{2.1056 + 1}$$

$$\Gamma = \frac{1.1056}{3.1056}$$

$$\Gamma = 0.35600206$$

B.  $Z_{oe}$  dan  $Z_{oo}$  (Mutual Coupling Even And Odd) :

Nilai impedansi coupling antenna dapat diketahui dengan menghitung nilai Coupling. Yang didapatkan dari perhitungan dibawah ini :

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}} \quad Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$C = 10^{-\frac{(RL \text{ Requirement})}{RL \text{ minimum}}}$$

$$C = 10^{-\frac{10}{8.970996}}$$

$$C = 10^{-1.11470343}$$

$$C = 0.07678856823$$

Even

Odd

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1+0.07678856823}{1-0.07678856823}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{1-0.07678856823}{1+0.07678856823}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{\frac{1.07678856823}{0.9232114318}}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{\frac{0.9232114318}{1.07678856823}}$$

$$Z_{oe} = 50 \sqrt{1.166350991}$$

$$Z_{oo} = 50 \sqrt{0.857374845}$$

$$Z_{oe} = 50 \times 1.07997731$$

$$Z_{oo} = 50 \times 0.9259453791$$

$$Z_{oe} = 53.99886552 \Omega$$

$$Z_{oo} = 46.29726895 \Omega$$

C.  $S_{11}$  (Return Loss) :

Nilai *Return Loss* dalam satuan dB dapat juga diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$Return \text{ Loss (dB)} = 20 \log |\Gamma|$$

$$Return \text{ Loss (dB)} = 20 \log |0.35600206|$$

$$Return \text{ Loss (dB)} = 20 \times -0.4485498$$

$$Return \text{ Loss (dB)} = -8.970996 \text{dB}$$

Atau :

$$Return \text{ Loss (dB)} = 10 \log |\Gamma|^2$$

$$Return \text{ Loss (dB)} = 10 \log (|0.35600206|^2)$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \log 0.12673747$$

$$\text{Return Loss (dB)} = 10 \times -0.897095$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -8.97095 \text{ dB}$$

Nilai *Return Loss* dalam persen dapat diketahui dari nilai koefisien pantulnya :

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |\Gamma|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times |0.35600206|^2$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 100 \times 0.1267347$$

$$\text{Return Loss (\%)} = 12.67347\%$$

D.  $\tau$  (Non-Reflected Coefficient) :

$$\tau^2 = 1 - \Gamma^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.35600206^2$$

$$\tau^2 = 1 - 0.64399794$$

$$\tau^2 = 0.3560021$$

$$\tau = 0.59665912$$

E.  $P_{abs}$  (Power Absorbed)

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \text{Re} \{V_L I_L\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2} \text{Re} \{V(Z=0) I(Z=0)\}$$

$$P_{abs} = \frac{1}{2 Z_c} \text{Re} \{ (V_0^+ [e^{-j\beta_0} + \Gamma e^{+j\beta_0}]) (V_0^+ [e^{-j\beta_0} - \Gamma e^{+j\beta_0}]) \}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \text{Re} \{1 - (\Gamma - \Gamma) - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{\tau\}$$

$$P_{abs} = \frac{|3.1056|^2}{2 \times 50} \{0.59665912\}$$

$$P_{abs} = \frac{9.64475136}{100} \{0.59665912\}$$

$$P_{abs} = 0.0964475136 \times \{0.59665912\}$$

$$P_{abs} = 0.0575462886 \text{ watt}$$

$$P_{abs} = 57.462886 \text{ mW}$$

Atau

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} \{1 - |\Gamma|^2\}$$

$$P_{abs} = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c} - \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{abs} = \frac{|3.1056|^2}{2 \times 50} - \frac{|1.1056|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{abs} = \frac{9.64475136 - 1.22235136}{100}$$

$$P_{abs} = \frac{8.4224}{100}$$

$$P_{abs} = 0.084224 \text{ watt}$$

$$P_{abs} = 84.224 \text{ mW}$$

F.  $P_{inc}$  (Power Incident)

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|V_0^+|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{|3.1056|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{inc} = P^+ = \frac{9.64475136}{100}$$

$$P_{inc} = P^+ = 0.0964475136 \text{ Watt}$$

$$P_{inc} = P^+ = 96.4475136 \text{ mW}$$

G.  $P_{ref}$  (Power Reflected)

$$P_{ref} = P^- = \frac{|V_0^-|^2}{2 Z_c}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{|1.1056|^2}{2 \times 50}$$

$$P_{ref} = P^- = \frac{1.22235136}{100}$$

$$P_{ref} = P^- = 0.0122235136 \text{ Watt}$$

$$P_{ref} = P^- = 12.2235136 \text{ mW}$$

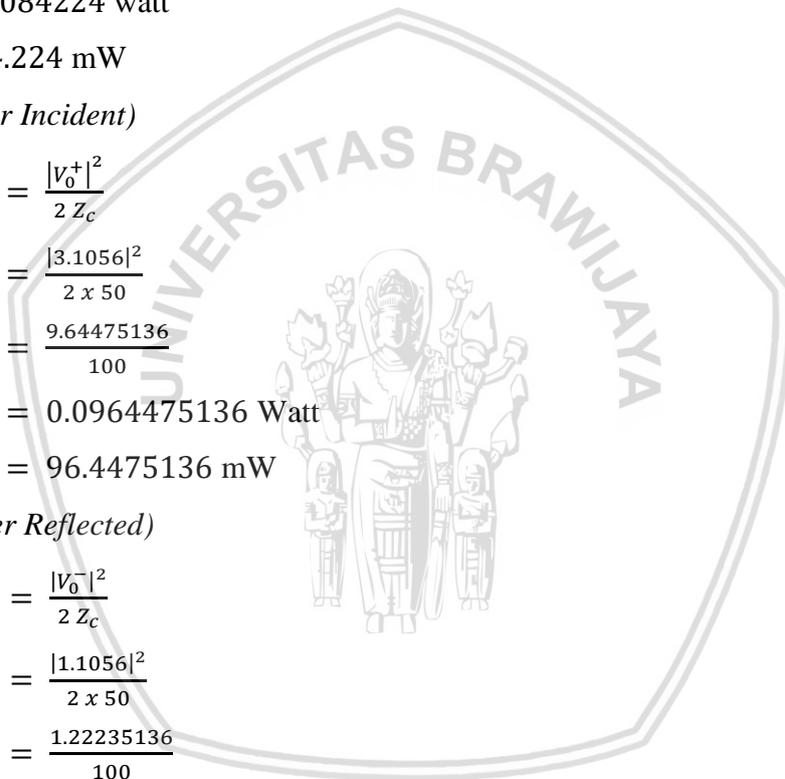
Atau

$$P_{ref} = |\Gamma|^2 P_{inc}$$

$$P_{ref} = |0.35600206|^2 \times 96.4475136$$

$$P_{ref} = 0.1267347 \times 96.4475136$$

$$P_{ref} = 12.2232467 \text{ mW}$$



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian melalui simulasi serta analisis parameter-parameter antenna 3D dengan menggunakan antenna *rugby ball* yang disertai dengan penambahan jumlah pada patch. dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Antena yang dapat bekerja pada frekuensi 2.4GHz dengan menggunakan desain antenna *rugby ball patch* satu yang sudah dioptimasi adalah antenna *patch* satu (tanpa penambahan *patch*) dan antenna dua *patch* dengan sudut 45° saja.
2. Penambahan jumlah *patch* pada antenna dapat menurunkan performansi antenna yang meliputi VSWR, dan *Return Loss* pada frekuensi kerja 2.4GHz.
3. Penambahan jumlah *patch* pada antenna dapat menurunkan frekuensi kerja antenna dilihat dari *Return Loss*, maupun VSWR pada frekuensi 2.4GHz.
4. Antena yang dapat bekerja dengan optimal pada frekuensi 2.4 GHz setelah dioptimasi adalah antenna satu patch, dua patch sudut 45°, dua patch sudut 90°, dan tiga patch. Dimensi antenna dan performansi dari masing – masing antenna tersebut adalah :

Antena Dimensi	Antena patch 1	Antena patch 2 sudut 90	Antena patch 2 sudut 45	Antena patch 3	Antena patch 4
$L_g$ (Panjang Groundplane) (mm)	103	96	98	95	-
$W_g$ (Lebar groundplane) (mm)	20	20	20	20	-
$H_a$ (Tinggi antena) (mm)	121.5	120.5	120	118.5	-
$W_a$ (Lebar Antena) (mm)	135	135	135	135	-
$W_{pa}$ (Diameter lingkaran atas antena) (mm)	157	155	154	151	-
$W_{pb}$ (Diameter lingkaran bawah antena) (mm)	135	135	135	135	-

<b>Antena</b> <b>Performasi</b>	<b>Antena</b> <b>patch 1</b>	<b>Antena</b> <b>patch 2</b> <b>sudut 90</b>	<b>Antena</b> <b>patch 2</b> <b>sudut 45</b>	<b>Antena</b> <b>patch 3</b>	<b>Antena</b> <b>patch 4</b>
VSWR	1.0257	1.5355	1.4766	1.8473	-
<i>Return Loss</i> (dB)	-37.9012	-13.50544	-14.31303	-13.31403	-
<i>Gain</i> (dB)	4.958	4.1670	4.111	3.543	-
Pola Radiasi	Omnidireksional	Omnidireksional	Omnidireksional	Omnidireksional	-
<i>Bandwidth</i> (Hz)	658 MHz	263 MHz	5.4. MHz	101MHz	-

## 5.2. Saran

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan saran yang diberikan oleh penulis adalah untuk tetap menggunakan patch berjumlah satu saja, dikarenakan dari performansi antena yang disimulasikan, antena akan lebih optimal tanpa penambahan patch.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan dimensi patch (seed) yang berbeda dengan dimensi patch awal. sehingga dapat diketahui pengaruh besar patch (seed) saja terhadap performansi antena.
3. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan bahan antena yang berbeda agar dapat mengetahui bahan antena mana yang bekerja lebih optimal jika dibandingkan dengan bahan antena yang lainnya.