

**PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR PATCH*
DENGAN SLOT EGG UNTUK APLIKASI *ULTRA WIDEBAND*
*RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (UWB-RFID) TAG PADA***
FREKUENSI KERJA 2,4 GHz

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

Rr. WAHYU DWI ARDHYA G.

0910630091-63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2014

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR PATCH DENGAN SLOT EGG UNTUK APLIKASI ULTRA WIDEBAND RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (UWB-RFID) TAG PADA FREKUENSI KERJA 2,4 GHz*

S K R I P S I

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

Rr. WAHYU DWI ARDHYA G.
0910630091-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Rudy Yuwono, ST., M.Sc

NIP. 19710615 199802 1 003

M. Fauzan Edy Purnomo, ST.,MT.

NIP. 19710609 200003 1 005

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR PATCH* DENGAN
SLOT EGG UNTUK APLIKASI *ULTRA WIDEBAND RADIO FREQUENCY
IDENTIFICATION (UWB-RFID)* TAG PADA FREKUENSI KERJA 2,4 GHz**

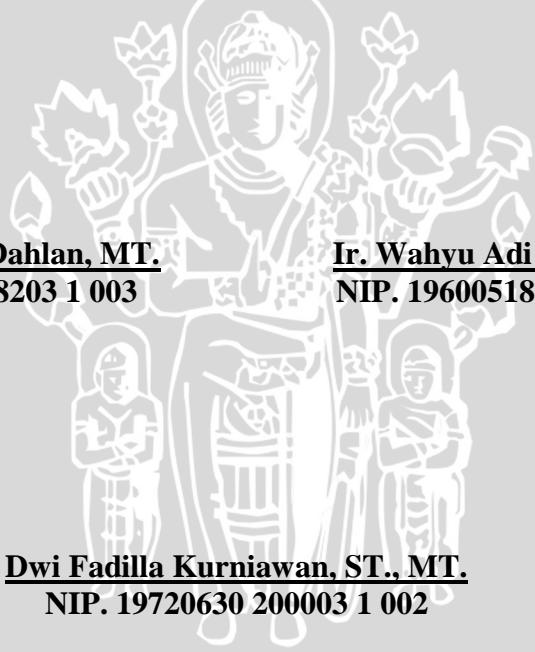
SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal 03 Januari 2014

DOSEN PENGUJI



Ir. Erfan Achmad Dahlan, MT.
NIP. 19530704 198203 1 003

Ir. Wahyu Adi Prijono M.Sc
NIP. 19600518 198802 1 001

Dwi Fadilla Kurniawan, ST., MT.
NIP. 19720630 200003 1 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D
NIP. 19741203 200012 1 001

PENGANTAR

Alhamdulillaahi Robbil 'Alamiin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Perancangan Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg untuk Aplikasi *Ultra Wideband Radio Frequency Identification* (UWB-RFID) Tags pada frekuensi kerja 2,4 GHz”. yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Atas semua bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Papa dan Mama tersayang, R. Heru Subyakto dan Yuni Astuti, terima kasih atas selalu terselipnya nama putri kecilmu dalam doa-doa kalian, kasih sayang, kesabaran, serta kepercayaan yang telah diberikan selama ini. Serta keluarga besar yang terus memberikan doa serta dukungan kepada ananda.
2. Bapak M. Aziz Muslim, ST., M.Sc, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Mohammad Rif'an ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Ali Mustofa, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen dan Keahlian Telekomunikasi.
6. Bapak Rudy Yuwono,ST.,MSc dan Bapak M. Fauzan Edi P., ST., MT. selaku pembimbing skripsi yang sudah banyak memberikan motivasi, saran, nasehat dan waktu untuk yang telah dicurahkan dalam penggerjaan hingga penyelesaian skripsi ini.
7. Bapak Dwi Fadilla Kurniawan, ST., MT. selaku dosen pembimbing akademik serta Kepala Laboratorium Saluran Transmisi dan Gelombang Mikro dan Pak Ardiansyah selaku laboran.
8. Bapak dan Ibu dosen yang telah membagikan ilmunya serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
9. Keluarga 2009 (*AMPERE 09*) yang telah menerima dan berkenan menjadi sebuah keluarga dengan semua kelebihan dan keterbatasan dengan segala cerita yang telah dilalui bersama. Khususnya Amperewati yang selalu ceria. Ira ayu M, mas imam, yoga dan silvi atas bantuannya untuk membantu proses penggerjaan skripsi ini. Akhyar si fotografer ampere yang senantiasa mengabadikan momen berhargaku dan ampere. Rio teman kecil yang senantiasa mengajariku melihat

- segala sisi dengan lebih sederhana. “Bestmates” Niken yang selalu ada setiap kubutuhkan. Para pejuang semester akhir Dya dan Vanti, terima kasih banyak.
10. Keluarga Eksternal 2010-2011 mas toti, arga, togar, ayu pus, ardent, averus, dieny, bayu, mas faiz yang membuat kerja tim begitu terasa menyenangkan.
 11. Mas, mbak, teman, dan adik-adik asisten Laboratorium Transmisi dan Gelombang Mikro (mas indra, mas uca, mas willy, mas bas, mbak keket, mbak ruth, “The best korlab” lalu sutrisna, prilla, ayu, amri, reni, feby, dito serta adik-adik 2011) terima kasih atas doa dan dukungannya.
 12. Seluruh teman-teman Paket C yang telah menjadi teman diskusi dalam perkuliahan di konsentrasi Telekomunikasi dan keluarga teknik 2009.
 13. Pratama Duta Ramadhan atas kebersamaannya selama ini dengan perhatian, dukungan, kesabaran dan doa yang selalu diberikan, serta keluarganya yang tak henti-hentinya memberikan semangat hingga penyelesaian skripsi ini
 14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini dirasa masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik mengenai penelitian ini diharapkan oleh penulis. Saran dan kritik ditujukan agar penelitian ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan lebih berguna. Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Desember 2013

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan Skripsi	3
BAB II	5
DASAR TEORI.....	5
2.1 <i>Radio Frequency Identification (RFID)</i>	5
2.2 Antena Mikrostrip	7
2.2.1 Karakteristik Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	9
2.2.2 <i>Microstrip Line Feed</i>	10
2.2.3 Slot Antena	10
2.2.4 Bentuk <i>Egg</i> pada Antena	11
2.3 Parameter Dasar Antena.....	12
2.3.1 Impedansi Masukan	12
2.3.2 <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	13
2.3.3 <i>Return Loss (RL)</i>	13
2.3.4 <i>Bandwidth</i>	14

2.3.5 Pola Radiasi (<i>radiation pattern</i>)	15
2.3.6 Keterarahanaan (<i>Directivity</i>)	17
2.3.7 <i>Gain</i>	17
2.3.8 Polarisasi.....	19
2.4 Perancangan Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> untuk Frekuensi Kerja 2,4GHz	19
2.4.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor	19
2.4.2 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi	20
2.4.3 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi	21
2.4.4 Perencanaan Dimensi <i>Ground Plane</i>	22
2.4.5 Perencanaan Dimensi Slot Egg.....	22
METODOLOGI.....	23
3.1 Studi Literatur	23
3.2 Pengumpulan Data	24
3.3 Perancangan dan Simulasi dengan Menggunakan Program Ansoft HFSS v.13 Antena Mikrostrip	24
3.4 Pengujian.....	27
3.4.1 Pengukuran <i>Bandwidth</i> melalui <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul dan Perhitungan VSWR	27
3.4.2 Pengukuran <i>Gain</i> Antena	28
3.4.3 Pengukuran Polarisasi	28
3.4.4 Pengukuran Pola Radiasi.....	29
3.4.5 Analisis.....	29
3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	32
BAB IV	33
4.1 Tinjauan Umum	33
4.2 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor.....	33
4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi	34
4.3.1 Perencanaan Dimensi <i>Circular Patch</i>	34

4.3.2 Perencanaan Dimensi <i>Ground Plane</i>	35
4.4 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi.....	35
4.5 Perencanaan Slot <i>Egg</i>	36
4.6 Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Slot <i>Egg</i>	36
4.6.1 Optimasi Dimensi <i>Circular Patch</i>	38
4.6.2 Optimasi Dimensi Saluran Transmisi	39
4.6.3 Optimasi Dimensi Slot <i>Egg</i>	40
4.7 Penambahan Stub pada <i>Ground Plane</i>	42
4.7.1 Variasi Stub	44
4.8 Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Slot <i>Egg</i> dan Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Slot <i>Egg</i> Tanpa Penambahan Stub Pada <i>Ground Plane</i>	53
4.8.1 Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> tanpa slot <i>Egg</i>	53
4.8.2 Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Slot <i>Egg</i> Tanpa Stub	59
4.9 Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> tanpa slot <i>Egg</i> , Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Slot <i>Egg</i> dan Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan slot <i>Egg</i> serta penambahan stub pada <i>ground plane</i> menggunakan Program Ansoft HFSS v.13	65
BAB V	70
5.1 Tinjauan Umum	70
5.2 Analisis Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>Egg</i> <td>70</td>	70
5.2.1 Analisis Hasil Simulasi Optimasi <i>Circular Patch</i> dan Saluran Transmisi Antena Mikrostrip	71
5.2.2 Analisis Hasil Simulasi Optimasi Dimensi Slot <i>Egg</i> dan Dimensi <i>Ground Plane</i> Antena Mikrostrip	73
5.2.3 Analisis Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Slot <i>Egg</i> Ground Plane	75
5.3 Pengujian <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul dan Perhitungan <i>VSWR</i>	83

5.3.1 Alat-alat yang Digunakan.....	83
5.3.2 Prosedur Pengukuran.....	83
5.3.3 Hasil pengukuran.....	84
5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran	86
5.4 Pengukuran <i>Gain</i> Antena	86
5.4.1 Alat-alat yang Digunakan.....	86
5.4.2 Prosedur Pengukuran.....	86
5.4.3 Hasil Pengukuran	87
5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran	88
5.5 Pengukuran Polarisasi Antena.....	89
5.5.1 Alat-alat yang digunakan.....	89
5.5.2 Prosedur Pengukuran.....	89
5.5.3 Hasil Pengukuran	90
5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran	91
5.6 Pengujian Pola Radiasi.....	91
5.6.1 Alat-alat yang Digunakan	91
5.6.2 Prosedur Pengukuran	91
5.6.3 Hasil Pengukuran	93
5.6.4 Analisis Hasil Pengukuran	96
5.7 Analisis Hasil Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran.....	96
BAB VI	102
PENUTUP	102
6.1 Kesimpulan	102
6.2 Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA.....	105

LAMPIRAN

106



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok diagram sistem RFID	5
Gambar 2.2 RFID tag	6
Gambar 2.3 Range frekuensi untuk sistem RFID	6
Gambar 2.4 Antena mikrostrip	8
Gambar 2.5 Bentuk bentuk <i>patch</i> antena mikrostrip	8
Gambar 2.6 <i>Feed</i> atau teknik pencatuan pada antena mikrostrip	9
Gambar 2.7 Bentuk antena mikrostrip <i>circular patch</i>	10
Gambar 2.8 <i>Microstrip Line Feed</i>	10
Gambar 2.9 Slot pada sisi <i>ground plane</i>	11
Gambar 2.10 (a). Setengah lingkaran dan setengah elips (b). Dimensi antena <i>egg</i>	12
Gambar 2.11 Pengukuran <i>bandwidth</i> berdasarkan plot <i>return loss</i>	15
Gambar 2.12 Pola radiasi.....	16
Gambar 2.13 Bentuk umum polarisasi	19
Gambar 2.14 Struktur dasar antena <i>egg</i>	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi	23
Gambar 3.2 Diagram Alir Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip.....	26
Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan dan Pembuatan Antena.....	27
Gambar 3.4 Diagram Alir Analisa <i>Bandwidth</i> Antena Mikrostrip	30
Gambar 3.5 Diagram Alir Analisa <i>Gain</i> Antena Mikrostrip	30
Gambar 3.6 Diagram Alir Analisa Polarisasi Antena Mikrostrip	31
Gambar 3.7 Diagram Alir Analisa Pola Radiasi Antena Mikrostrip	31
Gambar 4.1 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan slot <i>egg</i> (sebelum Optimasi)	37
Gambar 4.2 Grafik <i>Return Loss</i> terhadap frekuensi (Sebelum Optimasi)	38
Gambar 4.3 Grafik <i>Return Loss</i> terhadap frekuensi (Setelah optimasi <i>patch</i> dan saluran transmisi)	39
Gambar 4.4 Grafik <i>Return Loss</i> antena 50 terhadap frekuensi	43
Gambar 4.5 Grafik nilai <i>gain</i> antena 50 terhadap frekuensi (Setelah optimasi slot <i>egg</i> dan <i>ground plane</i>)	43

Gambar 4.6 Grafik <i>Return Loss</i> antena 55 terhadap frekuensi.....	44
Gambar 4.7 Grafik nilai <i>gain</i> antena 55 terhadap frekuensi	45
Gambar 4.8 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i>	47
Gambar 4.9 Grafik VSWR Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i> terhadap frekuensi.	47
Gambar 4.10 Grafik <i>return loss</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i> terhadap frekuensi.....	48
Gambar 4.11Grafik <i>gain</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i>	49
Gambar 4.12 Grafik <i>Axial Ratio</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i> terhadap frekuensi.....	50
Gambar 4.13 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i>	51
Gambar 4.14 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i>	52
Gambar 4.15 Gambar 3D Polar Pola Radiasi Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i>	52
Gambar 4.16 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa slot <i>egg</i>	53
Gambar 4.17 Grafik VSWR Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa slot <i>egg</i> terhadap frekuensi	53
Gambar 4.18 Grafik <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa Slot <i>egg</i> terhadap frekuensi	54
Gambar 4.19 Grafik <i>gain</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa Slot <i>egg</i> terhadap frekuensi	55
Gambar 4.20 Grafik <i>Axial Ratio</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa Slot <i>egg</i> terhadap frekuensi	56
Gambar 4.21 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> tanpa slot <i>egg</i>	57
Gambar 4.22 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> tanpa slot <i>egg</i>	58
Gambar 4.23 Gambar 3D Polar Pola Radiasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> tanpa slot <i>egg</i>	58

Gambar 4.24 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan slot <i>egg</i> (sebelum Optimasi)	59
Gambar 4.25 Grafik VSWR Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan slot <i>egg</i> terhadap frekuensi	59
Gambar 4.26 Grafik <i>gain</i> antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> terhadap frekuensi	61
Gambar 4.27 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan slot <i>egg</i>	63
Gambar 4.28 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan slot <i>egg</i>	64
Gambar 4.29 Gambar 3D Polar Pola Radiasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan slot <i>egg</i>	64
Gambar 4.30 Grafik Perbandingan <i>Bandwidth</i> antena mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa slot <i>egg</i> , dengan slot <i>egg</i> dan setelah diberi penambahan stub.	67
Gambar 4. 31 Grafik perbandingan <i>Gain</i> antena mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa slot <i>egg</i> , dengan slot <i>egg</i> dan setelah diberi penambahan stub.....	67
Gambar 4.32 Grafik perbandingan <i>Axial Ratio</i> antena mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa slot <i>egg</i> , dengan slot <i>egg</i> dan setelah diberi penambahan stub.	68
Gambar 4.33 Pola radiasi antena mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa slot <i>egg</i> , dengan slot <i>egg</i> dan setelah diberi penambahan stub pada <i>ground plane</i>	69
Gambar 5.1 Grafik hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Optimasi Dimensi <i>Circular Patch</i> ...	71
Gambar 5.2 Grafik hubungan <i>Bandwidth</i> Fraksional dengan Optimasi Dimensi <i>Circular Patch</i>	72
Gambar 5.3 Grafik hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Optimasi Dimensi Saluran Transmisi	72
Gambar 5.4 Grafik hubungan <i>Bandwidth</i> Fraksional dengan Optimasi Dimensi Saluran Transmisi	73
Gambar 5.5 Grafik hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Variasi Dimensi Stub	77
Gambar 5.6 Grafik hubungan <i>Bandwidth</i> Fraksional dengan Variasi Dimensi Stub	77
Gambar 5.7 Grafik hubungan <i>Gain</i> dengan Variasi Dimensi Stub	78
Gambar 5.8 Grafik hubungan <i>Axial Ratio</i> dengan Variasi Dimensi Stub	78
Gambar 5.9 Pola radiasi antena dengan variabel dimensi stub.....	79
Gambar 5.10 Grafik hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Variasi Letak Stub.....	81

Gambar 5.11 Grafik hubungan <i>Bandwidth Fraksional</i> dengan Variasi Letak Stub.....	81
Gambar 5.12 Grafik hubungan <i>Gain</i> dengan Variasi Letak Stub.....	82
Gambar 5.13 Grafik hubungan <i>Axial Ratio</i> dengan Variasi Dimensi Stub	82
Gambar 5.14 Pola radiasi antena dengan variabel letak stub	83
Gambar 5.15 Rangkaian Pengukuran <i>Return Loss</i>	84
Gambar 5.16 Grafik <i>Return Loss</i> Antena Hasil Pengujian.....	85
Gambar 5.17 Grafik <i>VSWR</i> Antena Hasil Pengujian	86
Gambar 5.18 Rangkaian pengukuran daya antena referensi.....	87
Gambar 5.19 Rangkaian Pengukuran <i>Gain</i> Antena.....	87
Gambar 5.20 Grafik <i>Gain</i> Antena Hasil Pengujian	88
Gambar 5.21 Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena	89
Gambar 5.22 Diagram Polar Polarisasi Antena Uji.....	91
Gambar 5.23 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Horizontal Antena Uji.....	92
Gambar 5.24 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena Uji.....	93
Gambar 5.25 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Hasil Pengujian	93
Gambar 5.26 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Hasil Pengujian	94
Gambar 5. 27 Grafik <i>Return Loss</i> Antena Hasil Simulasi dan Pengujian	97
Gambar 5.28 Grafik <i>VSWR</i> Antena Hasil Simulasi dan Pengujian	97
Gambar 5.29 Grafik <i>Gain</i> Antena Hasil Simulasi dan Pengujian	99
Gambar 5.30 Perbandingan Pola Radiasi Horizontal Hasil Simulasi dan Pengujian ..	100
Gambar 5.31 Perbandingan Pola Radiasi Vertikal Hasil Simulasi dan Pengujian	101



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Optimasi Dimensi <i>Circular Patch</i>	38
Tabel 4.2 Optimasi Dimensi Saluran Transmisi	39
Tabel 4.3 Variasi dimensi Slot <i>egg</i>	40
Tabel 4.4 Optimasi dimensi Slot <i>egg</i> dan dimensi <i>ground plane</i>	41
Tabel 4.5 Nilai <i>gain</i> Antena 50 (setelah optimasi slot <i>egg</i> dan dimensi <i>ground plane</i>)	43
Tabel 4.6 Optimasi kebutuhan stub pada <i>ground plane</i>	44
Tabel 4.7 Variasi dimensi stub terhadap <i>bandwidth</i> dan nilai <i>gain</i>	45
Tabel 4.8 Variasi letak stub terhadap nilai <i>bandwidth</i> dan <i>gain</i>	46
Tabel 4.9 Tabel Dimensi Antena 65	47
Tabel 4.10 Nilai VSWR Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i>	48
Tabel 4.11 Nilai <i>return loss</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i>	49
Tabel 4.12 Nilai <i>Gain</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i>	50
Tabel 4.13 Nilai <i>Axial Ratio</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i> dan stub pada <i>ground plane</i>	51
Tabel 4.14 Nilai VSWR Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa Slot <i>egg</i>	54
Tabel 4.15 Nilai <i>Return loss</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa Slot <i>egg</i>	55
Tabel 4.16 Nilai <i>gain</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa Slot <i>egg</i>	56
Tabel 4.17 Nilai <i>Axial Ratio</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> tanpa Slot <i>egg</i>	57
Tabel 4.18 Nilai VSWR Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i>	60
Tabel 4.19 nilai <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i>	61
Tabel 4.20 Nilai <i>Gain</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i>	62
Tabel 4.21 Nilai <i>Axial Ratio</i> Antena Mikrostrip <i>circular patch</i> dengan Slot <i>egg</i>	63
Tabel 4.22 Tabulasi Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> Tanpa Slot <i>Egg</i> , dengan Slot <i>Egg</i> dan Setelah Diberi Penambahan Stub Pada <i>Ground Plane</i>	66
Tabel 5.1 Tabulasi Hasil Simulasi Pengaruh Dimensi Slot <i>egg</i> terhadap Kinerja Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	74



Tabel 5.2 Tabulasi Hasil Simulasi Pengaruh Dimensi Stub Terhadap Performansi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Slot Egg	76
Tabel 5.3 Tabulasi Hasil Simulasi Pengaruh Letak Stub terhadap Kinerja Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Slot Egg	80
Tabel 5.4 Hasil Pengukuran RL, Perhitungan Koefisien Pantul dan VSWR Antena Uji	85
Tabel 5.5 Nilai <i>Gain</i> Antena Hasil Pengujian	88
Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Polarisasi pada Frekuensi 2400 MHz.....	90
Tabel 5.7 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Hasil Pengujian.....	95
Tabel 5.8 Tabulasi Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Pengujian....	96
Tabel 5.9 Tabulasi Perbandingan <i>Return Loss</i> Hasil Simulasi dan Pengujian	97
Tabel 5.10 Tabulasi Perbandingan <i>VSWR</i> Hasil Simulasi dan Pengujian	98
Tabel 5.11 Tabulasi Perbandingan <i>Gain</i> Hasil Simulasi dan Pengujian	99
Tabel 6.1 Dimensi antena mikrostrip setelah optimasi	102



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 LANGKAH-LANGKAH SIMULASI 106

LAMPIRAN 2 DOKUMENTASI PENGUKURAN 126



ABSTRAK

Rr. Wahyu Dwi Ardhyo G, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember 2013, *Perancangan Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Slot Egg untuk Aplikasi Radio Frequency Identification (UWB-RFID) Tag pada Frekuensi Kerja 2,4 GHz* , Dosen Pembimbing : Rudy Yuwono, ST.,M.Sc. dan M. Fauzan Edy Purnomo, ST., MT.

Penelitian ini membahas tentang perancangan antena mikrostrip *circular patch* untuk *radio frequency identification* (RFID) tag sehingga dapat beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz. Teknologi RFID ini tidak dapat dipisahkan dari antena sebagai elemen penting dari aplikasi *radio frequency* (RF). Antena mikrostrip *circular patch* dirancang dengan slot *egg* dan penambahan stub pada bidang *ground plane* untuk mendapatkan antena yang dapat bekerja pada *ultra wideband* (UWB). Antena mikrostrip ini dirancang dengan menggunakan *feed line* sebagai metode pencatuan. Dimensi antena mikrostrip diperoleh melalui perhitungan dan optimasi serta dilakukan simulasi dengan *software HFSS Ansoft™* versi 13. Fabrikasi antena mikrostrip ini menggunakan bahan *Phenolic White Paper – FR2* dengan konstanta dielektrik (ϵ_r)= 4,5. Hasil pengukuran antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan penambahan stub pada *ground plane* menunjukkan frekuensi kerja antena pada frekuensi 1700 – 2700 MHz dengan *bandwidth* sebesar 1000 MHz dan *bandwidth* fraksional sebesar 0,45. Nilai *gain* pada frekuensi 2,4 GHz sebesar 2,35 dBi. Memiliki polarisasi elips dengan jenis pola radiasi *bidirectional*.

Kata Kunci: Antena, RFID, Ultra Wideband, Slot Egg



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dewasa ini sangatlah pesat di seluruh dunia, terutama teknologi di bidang telekomunikasi yang sangat membantu mobilitas manusia yang makin aktif dan modern. Aplikasi teknologi dalam bidang teknologi komunikasi nirkabel yang saat ini dalam pengembangan adalah *Ultra Wideband Radio Frequency Identification* (UWB-RFID).

Radio Frequency Identification (RFID) adalah sebuah metode identifikasi suatu informasi data jarak jauh dengan menggunakan gelombang radio. Seperti halnya sistem *barcode* yang digunakan untuk identifikasi suatu objek, RFID memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sistem *barcode* yang sudah dikenal, diantaranya seperti tidak mengenal *line-of-sight* dalam pembacaan suatu objek data, identifikasinya dimungkinkan pada banyak benda, serta tingkat akurasi pembacaan dan keamanan data yang tinggi. *Ultra-Wideband* (UWB) merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan pada RFID. Dengan *bandwidth* minimal 500 MHz atau lebih dari 0,2 *bandwidth* fraksionalnya, teknologi tersebut dapat dikatakan sebagai *ultra wideband* (Husyein, 2006:1). Dengan teknologi *ultra wideband* yang diterapkan pada RFID *tag*, maka didapatkan jarak pembacaan data lebih jauh dibandingkan *narrowband* RFID.

RFID *tag* mirip dengan *barcode* yang melekat pada suatu objek yang menyimpan identifikasi tertentu dari suatu objek. Dalam RFID *tag* terdapat dua komponen utama yaitu antena dan chip IC. Antena pada RFID *tag* berfungsi untuk mengirim dan menerima sinyal informasi yang dipancarkan melalui gelombang elektromagnetik melalui antena yang terdapat pada RFID *reader*. Dengan kata lain, antena berfungsi sebagai tranduser yang mengubah energi listrik menjadi gelombang elektromagnetik atau sebaliknya.

Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang diaplikasikan untuk sistem RFID. Selain mudah dalam pembuatannya, antena mikrostrip ini memiliki dimensi yang relatif kecil dan mudah untuk mendapatkan performansi yang diinginkannya. Oleh karena itu, antena mikrostrip ini sangatlah cocok diaplikasikan pada RFID *tag* dilihat dari efisiensi antena serta ukurannya. Namun antena mikrostrip pada umumnya memiliki kelemahan yaitu *bandwidth* yang sempit. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan antena dengan *bandwidth* yang lebih lebar diantaranya dengan

penambahan slot pada *ground plane* antena mikrostrip (Ronald, Joseph. 2011) serta merancang antena dengan bentuk *egg* (Rudy Yuwono, 2005).

Pada skripsi ini, antena mikrostrip yang dirancang dan dibuat adalah antena mikrostrip *single patch* dengan dimensi elemen peradiasi berbentuk *circular patch* dengan slot *egg* pada *ground plane* sebagai variasi untuk mendapatkan antena yang bekerja pada *ultra wideband* dengan frekuensi kerja yang direncanakan beroperasi pada frekuensi gelombang mikro yaitu 2,4 GHz.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penyusunan skripsi ini adalah:

1. Bagaimana merancang antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* untuk mendapatkan antena dengan *ultra wideband* pada frekuensi kerja 2,4 GHz untuk aplikasi UWB-RFID *tag* ?
2. Bagaimana menguji parameter antena mikrostrip untuk aplikasi RFID *tag* yang bekerja pada *ultra wideband* pada frekuensi kerja 2,4 GHz yang meliputi VSWR, *Return Loss*, *bandwidth*, *gain*, pola radiasi dan polarisasi?
3. Bagaimana performansi antena mikrostrip yang telah difabrikasi meliputi VSWR, *Return Loss*, *bandwidth*, *gain*, pola radiasi dan polarisasi?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini membahas perancangan antena mikrostrip *circular patch* yang bekerja pada *ultra wideband* dengan frekuensi kerja 2,4 GHz melalui simulasi dengan menggunakan program simulator Ansoft HFSSTM 13.0. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Tidak membahas pola perambatan gelombang elektromagnetik serta rugi-rugi di ruang bebas dan tidak membahas tentang penurunan rumus dari semua rumus yang digunakan.
- 2) Tidak membahas karakteristik alat ukur dan sarana pendukungnya.
- 3) Menggunakan rumus dasar perancangan antena mikrostrip dan saluran transmisi.
- 4) Hanya membahas pemodelan saluran transmisi untuk menganalisa antena dan tidak membahas model *cavity*, metode momen, GTD (*Geometrical Theory of Diffraction*), FEM (*Finite Element Method*) dan FDTD (*Finite Difference Time Domain*).

- 5) Rugi–rugi perambatan gelombang elektromagnetik di ruang terbuka tidak diperhitungkan.
- 6) Hanya membahas teknologi *ultra wideband* dengan ruang lingkup perancangan antena *ultra wideband*.
- 7) Antena mikrostrip yang diukur menunjukkan performansi terbaik dengan parameter antena yang diukur meliputi *bandwidth* (melalui *Return Loss*), pola radiasi dan *gain*.
- 8) Analisis yang dilakukan berkaitan dengan pengaruh slot *egg* pada *ground plane* antena mikrostrip dengan *circular patch* dan pengaruh penambahan stub pada *ground plane* antena mikrosrip yang meliputi *bandwidth*, *gain* dan pola radiasi. Variabel yang akan dianalisis meliputi:
- Perbandingan performansi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* dengan antena mikrostrip dengan slot *egg*.
 - Variasi dimensi stub pada *ground plane* antena mikrostrip.
 - Variasi letak stub pada *ground plane* antena mikrostrip.
- 9) Spesifikasi antena mikrostrip :
- bahan *Phenolic White Paper – FR 2*
 konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
 ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0019 m = 1,9 mm
 $loss tangent (\tan \delta)$ = 0,02
 - bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:
 ketebalan bahan konduktor (t) = 0,00001 m = 0,01 mm
 koduktifitas tembaga (σ) = $5,8 \times 10^{-7} \text{ mho m}^{-1}$
 frekuensi kerja (fr) = 2400 MHz
 - Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω .

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah merencanakan dan merealisasikan antena *circular patch* dengan slot *egg* untuk mendapatkan antena yang bekerja pada *ultra wideband* dengan frekuensi kerja 2,4 GHz.

1.5 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:



BAB I Pendahuluan

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

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori dasar mengenai antena mikrostrip diantaranya serta perencanaan pembuatan antena.

BAB III Metodologi

Menjelaskan tentang tahapan penyelesaian skripsi yang meliputi studi literatur, pengumpulan data, perancangan, simulasi, pengujian, analisis, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV Perancangan dan Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan *Slot Egg*

Menjelaskan proses perancangan, dan simulasi antena mikrostrip *circular patch* dengan *slot egg*.

BAB V Analisis Hasil Simulasi dan Pengujian

Menjelaskan tentang analisis hasil simulasi, langkah-langkah pengujian, hasil pengujian serta analisis terhadap hasil pengukuran antena mikrostrip.

BAB VI Penutup

Memuat kesimpulan dan saran berdasarkan apa yang telah dicapai dalam penyelesaian skripsi.



BAB II

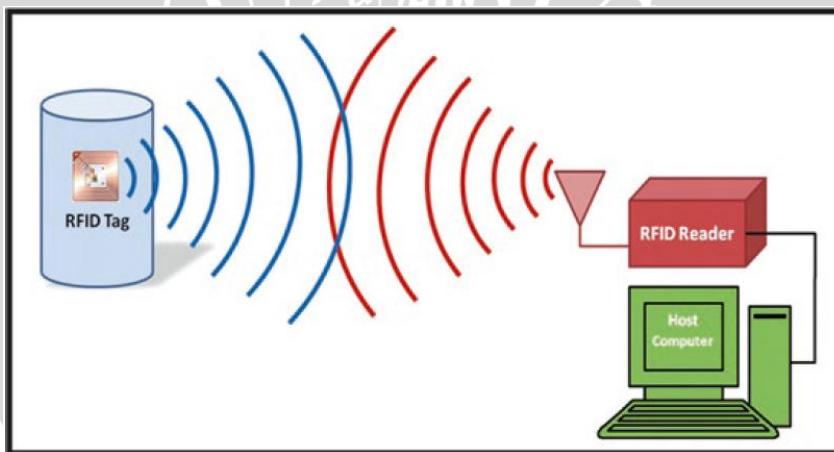
DASAR TEORI

2.1 Radio Frequency Identification (RFID)

Radio Frequency Identification atau *RFID*, adalah teknologi yang memungkinkan untuk identifikasi data jarak jauh, monitoring serta pelacakan suatu objek dengan menggunakan frekuensi gelombang radio. Identifikasi suatu objek dengan komunikasi secara nirkabel dimungkinkan antara *tag* (yang melekat pada objek) dengan suatu *reader* (interrogator) pada jarak yang jauh. (Faranak,2011: 2)

Sistem *RFID* terdiri dari tiga komponen utama: *reader* atau interrogator, yang mengirimkan sinyal ke sebuah *RFID*, *tag* atau *transponder* yang berisi kode identifikasi untuk diidentifikasi, dan perangkat lunak *middleware*, yang mempertahankan *interface* dan protokol perangkat lunak untuk *encode* dan *decode* identifikasi data dari *reader* *RFID* ke dalam komputer pribadi. (Karmakar, 2010 :85)

Suatu sistem *RFID* pada dasarnya bekerja pada prinsip yang sama. Sebuah *RFID reader* mengirim sinyal ke *transponder* (*tag*) yang kemudian akan memantulkan kembali sinyal yang diterima ke *RFID reader* (Karmakar, 2010:6) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1

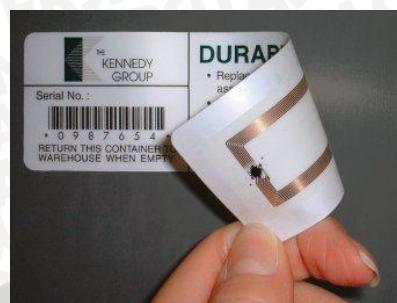


Gambar 2.1 Blok diagram sistem RFID

(Sumber: Faranak, 2011 : 2)

RFID tag mirip dengan *barcode* optik, melekat pada suatu objek yang akan diidentifikasi dan menyimpan identifikasi unik tiap objek. *Tag* disebut juga sebagai *transmitter responder* (*transponder*). *RFID tag* terdiri dari antena *tag* yang berkomunikasi dengan *RFID reader* dengan menggunakan gelombang elektromagnetik

dan IC yang berfungsi untuk menyimpan *identification number* (ID) dari suatu objek. (Karmakar, 2010 : 16)



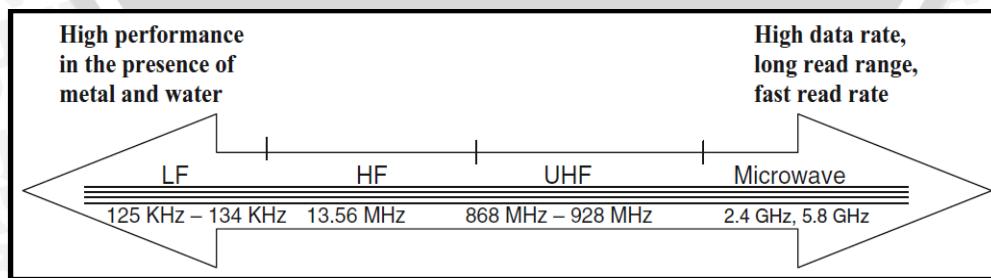
Gambar 2.2 RFID tag

Terdapat tiga jenis RFID tag yaitu:

- 1) *tag aktif* merupakan *tag* yang memiliki sumber tenaga (contoh: baterai) yang digunakan untuk mendukung pengoperasian IC dan pentransmisian data menuju *reader*.
- 2) *tag semi-aktif* merupakan *tag* yang memiliki sumber tenaga sendiri (contoh: baterai) untuk IC agar tetap menyala tetapi tidak digunakan untuk pentransmisian data.
- 3) *tag pasif* merupakan *tag* yang tidak memiliki sumber tenaga. tenaga dipancarkan dari *reader* yang digunakan untuk IC dan berkomunikasi kembali dengan *reader* (pengoperasian *tag*) (Karmakar, 2010 : 29).

Tag antena adalah bagian terbesar dari RFID tag yang terhubung langsung ke IC. Komunikasi antara *reader* dan *tag* terjadi melalui antena (Karmakar, 2010 : 28).

Frekuensi yang digunakan pada sistem RFID harus berdasarkan ketentuan *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM). Dalam Gambar 2.3 ditunjukkan range frekuensi yang digunakan dalam RFID dibagi menjadi 4 yaitu *Low Frequency* (125 KHz -134 KHz), *High Frequency* (13,56 MHz), *Ultra High Frequency* (868 MHz-928 GHz) dan *Microwave Frequency* (2,4 GHz atau 5,8 GHz) (Faranak, 2011 : 6).



Gambar 2.3 Range frekuensi untuk sistem RFID

(Sumber : Faranak, 2011 : 8)

RFID *tag* gelombang mikro (*microwave*) yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz atau 5,8 GHz ini disebut juga sebagai *Super High Frequency* (SHF) yang dalam praktiknya digunakan dalam *tag* aktif maupun semi aktif. *Tag* semi aktif gelombang mikro digunakan untuk identifikasi armada atau aplikasi tol elektronik. Jarak pembacaan *tag* aktif maupun semi aktif pada RFID *tag* gelombang mikro ini lebih jauh daripada UHF *tag*, dengan implementasi fisik yang lebih kecil daripada RFID *tag* lainnya dengan frekuensi yang lebih rendah.

Menurut definisi yang lebih modern, teknologi komunikasi nirkabel yang dapat menghasilkan sinyal dengan *bandwidth* minimal 500 MHz atau lebih besar dari 0,2 *bandwidth* fraksionalnya maka teknologi tersebut dapat dianggap sebagai *ultra wideband*. Persamaan *bandwidth* fraksional (Husyein, 2006:1):

$$BW_{fractional} = 2 \times \left(\frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} \right) \quad (2-1)$$

f_h = frekuensi atas

f_l = frekuensi bawah

Ultra wideband RFID (UWB-RFID) merupakan teknologi baru yang diterapkan pada RFID. *Ultra Wideband* menggunakan sinyal dengan daya yang rendah dengan rentang frekuensi yang lebar. Dibandingkan *narrowband* RFID, UWB-RFID memiliki keunggulan diantaranya memiliki jarak jangkauan pembacaan tanpa bebas pandang yang lebih jauh, sekitar 200 kaki (61 meter). Karena sinyal pada frekuensi tertentu sangat lemah, UWB tidak mengganggu peralatan yang sensitif. UWB-RFID *tag* harus ditempatkan pada *tag* aktif atau *tag* semi aktif karena sinyal yang ditransmisikannya sangat lemah, akan tetapi konsumsi akan dayanya rendah.

2.2 Antena Mikrostrip

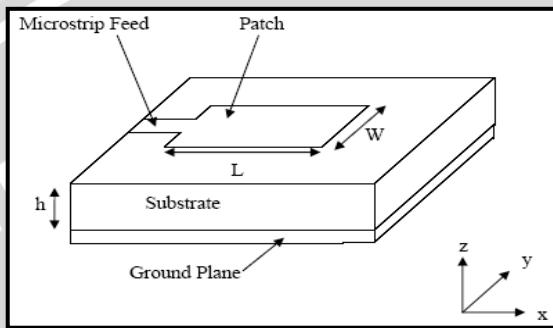
Berdasarkan *IEEE Standard Definitions of Terms for Antenna*, antena merupakan suatu alat untuk memancarkan dan menerima gelombang radio. Dengan kata lain, antena adalah suatu media peralihan antara ruang bebas dengan alat pandu atau saluran transmisi yang dapat berupa kabel koaksial atau pandu gelombang (*waveguide*) yang digunakan untuk memindahkan energi elektromagnetik dari sumber transmisi menuju antena atau dari antena menuju penerima. Berdasarkan hal ini, maka antena dapat dikategorikan sebagai antena pengirim serta antena penerima (Balanis, 2005: 1).

Antena mikrostrip adalah salah satu bentuk antena yang memiliki beberapa keunggulan dari struktur antena yang lain, seperti:

1. Mempunyai bobot yang ringan dan volume yang kecil.

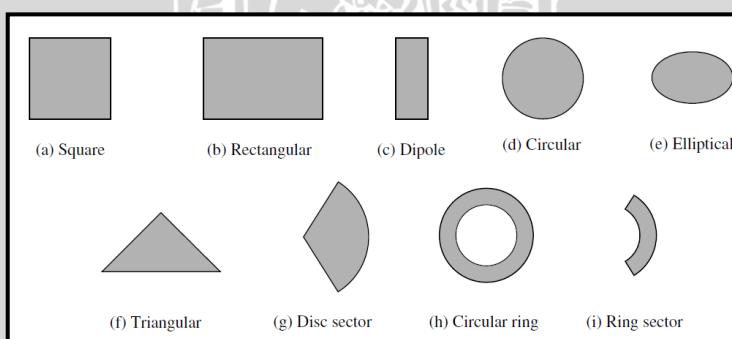
2. Kemudahan fabrikasi dalam jumlah yang besar serta biaya yang lebih murah.
3. Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *Microwave integrated circuits* (MICs)
5. Mendukung polarisasi linear dan sirkular.
6. Kemampuan dalam *dual frequency* maupun *triple frequency*.
7. Tidak memerlukan catuan tambahan.

Pada antena mikrostrip, terdapat empat elemen paling sederhana yaitu *patch* sebagai elemen peradiasi, substrat dielektrik, *feed*, serta *ground*.



Gambar 2.4 Antena mikrostrip
(Sumber : Punit S. Nakar, 2004 : 40)

Patch merupakan elemen peradiasi pada antena mikrostrip. Berupa lembaran metal yang berada di atas substrat dielektrik. Adapun beberapa bentuk *patch* antena mikrostrip dapat dilihat dalam gambar 2.5



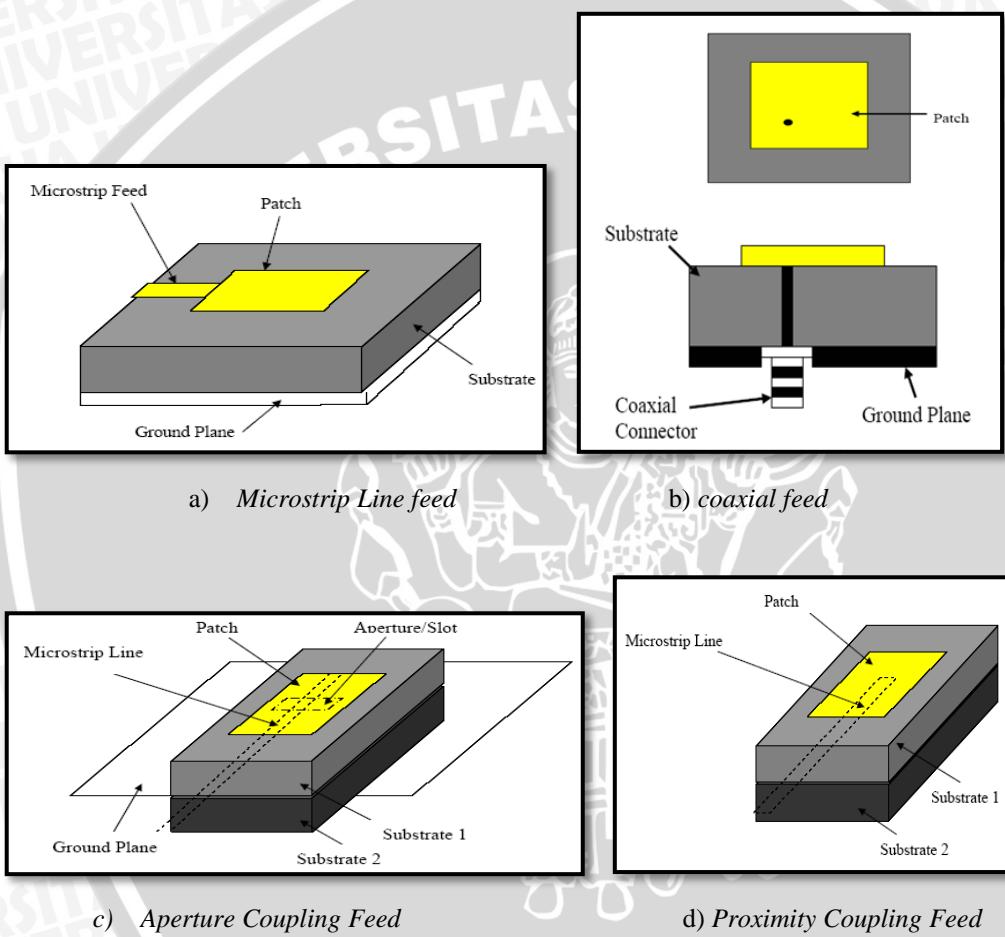
Gambar 2.5 Bentuk bentuk *patch* antena mikrostrip
(sumber: Balanis, 2005 : 813)

Substrat dielektrik berada di lapisan antara patch dan *ground*. Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ dan ketebalan substrat yang berkisar antara $0,003\lambda_0 \leq h \leq 0,05\lambda_0$. Untuk kinerja antena, pemilihan substrat sangat berpengaruh, semakin tebal substrat maka konstanta dielektriknya kecil

sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya. (Balanis, 2005 : 812)

Feed atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antena mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antena mikrostrip. *Patch* antena mikrostrip dapat dicatuh dengan bebagai macam metode seperti dalam gambar 2.6.

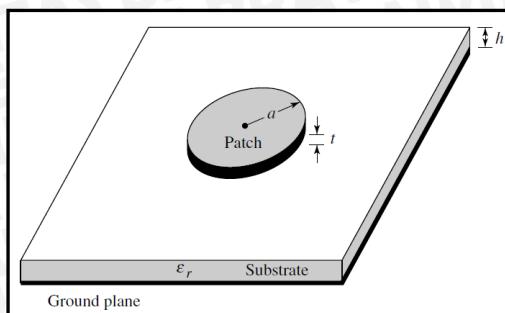
Ground merupakan bagian metalik pada sisi belakang substrat dielektrik. Berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.



Gambar 2.6 *Feed* atau teknik pencatuan pada antena mikrostrip
(Sumber: Punit S. Nakar, 2004)

2.2.1 Karakteristik Antena Mikrostrip *Circular Patch*

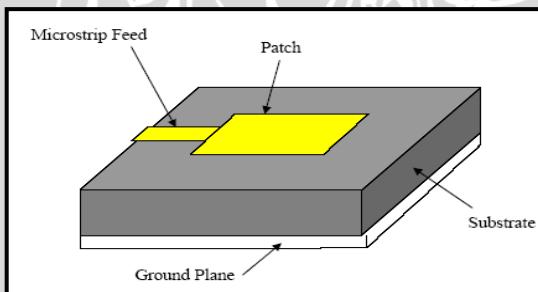
Antena mikrostrip dengan *circular patch* hampir memiliki performa yang sama dengan antena mikrostrip *patch* segi empat. Pada aplikasi tertentu, seperti *array*, *circular patch* ini akan menghasilkan keuntungan dibandingkan dengan *patch* yang lainnya. Antena mikrostrip dengan *circular patch* ini akan lebih mudah dimodifikasi untuk menghasilkan nilai impedansi, pola radiasi, dan frekuensi kerja yang diinginkan. (Balanis, 2005 : 843)



Gambar 2.7 Bentuk antena mikrostrip *circular patch*
(sumber: Balanis, 2005 : 6)

2.2.2 Microstrip Line Feed

Pada tipe pencatuan ini, bagian konduktor dihubungkan secara langsung dengan bagian tepi *patch* mikrostrip pada bidang yang sama dengan *patch*. Pada pencatuan ini, *feed* dan *patch* membentuk satu struktur. Teknik pencatuan ini lebih sederhana dan mudah dalam fabrikasi. Lebar strip konduktor lebih kecil dari pada elemen peradiasi antena mikrostrip. Tipe pengaturan pencatuan semacam ini mempunyai keuntungan yaitu pencatuan dapat diberikan pada substrat yang sama untuk menyediakan suatu struktur planar. (Punit S. Nakar, 2004 : 34)



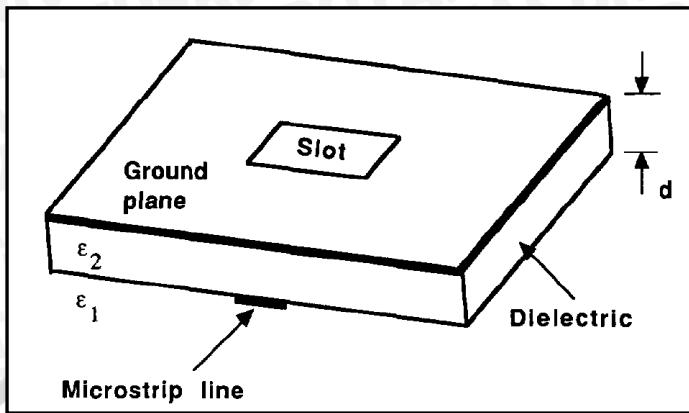
Gambar 2.8 *Microstrip Line Feed*
(Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 34)

2.2.3 Slot Antena

Slot antena telah dikembangkan sekitar awal tahun 1950-an. Dalam beberapa tahun kemudian, *printed slot* antena ini dipertimbangkan untuk digunakan dalam sistem UWB dan menjadi lebih dikenal karena struktur yang lebih sederhana (J.Liang, 2005).

Desain sebuah antena dengan *printed slot* merupakan solusi tepat untuk meningkatkan *bandwidth* antena. Ciri menarik dari slot antena adalah kemampuannya untuk menyediakan *bandwidth* yang lebih besar dan juga menghasilkan pola radiasi *bidirectional* dan mudah untuk difabrikasi (Ronald, 2011: 3).

Slot antena berada dalam bidang *ground plane* yang tegak lurus terhadap saluran mikrostrip seperti dalam gambar 2.9



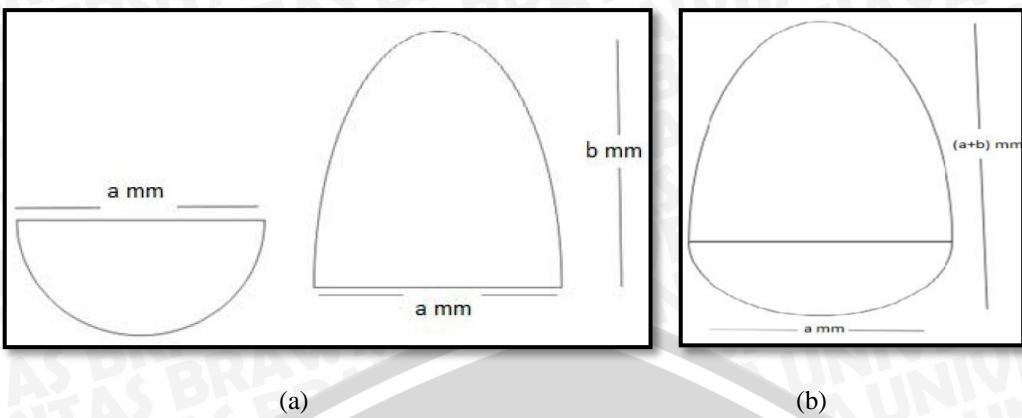
Gambar 2.9 Slot pada sisi *ground plane*
(Sumber: Kahrizi , 1993)

Untuk mendapatkan bandwidth yang lebar, dibutuhkan penguatan efek kopling yang diinduksikan oleh saluran pencatu mikrostrip ke slot. Semakin besar efek kopling yang terjadi, akan menurunkan faktor kualitas rangkaian. Semakin menurunnya faktor kualitas rangkaian, semakin meningkat pula *bandwidth* antena.

2.2.4 Bentuk Egg pada Antena

Antena *egg* merupakan antena yang bentuknya mirip dengan bola telur (*egg*) maka antena tersebut dinamakan antena *egg*. Perencanaan antena *egg* memiliki tujuan untuk menemukan antena dengan *bandwidth* yang lebih lebar. Bentuk *egg* diaplikasikan pada antena, dan terbukti antena *egg* ini dapat memenuhi kebutuhan antena untuk bekerja pada *ultra wideband* untuk menangkap frekuensi televisi swasta di Indonesia (Rudy Yuwono, 2010).

Antena *egg* terbentuk dari setengah lingkaran dengan diameter a dan setengah elips dengan diameter primer a dan diameter sekunder $2b$. Dengan geometri dasar ini, antena *egg* dapat dioptimalkan sesuai dengan dimensi yang dibutuhkan tetapi diharapkan memiliki karakteristik yang sama. Dalam penulisan skripsi ini, bentuk *egg* akan diaplikasikan untuk slot pada *ground plane* sehingga antena diharapkan dapat bekerja pada *ultra wideband*.



Gambar 2.10 (a). Setengah lingkaran dan setengah elips (b). Dimensi antena egg
(Sumber: Rudy Yuwono,2010)

2.3 Parameter Dasar Antena

Parameter-parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk mendeskripsikan performansi dari suatu antena. Beberapa parameter dapat saling berkaitan dan tidak semua yang digunakan untuk mendeskripsikan performansi dari suatu antena. (Balanis, 2005:27)

2.3.1 Impedansi Masukan

Impedansi terminal antena perlu diketahui, hal ini untuk keperluan pemindahan daya dari atau menuju antena. Secara umum impedansi terminal antena didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antena pada terminalnya atau perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya, dapat dituliskan (Balanis, 2005: 80):

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2-2)$$

dengan :

Z_A = Impedansi terminal antena (Ω)

R_A = Resistansi terminal antena (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antena (Ω)

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

$$|\Gamma| = \frac{|Z_{ant} - Z_c|}{|Z_{ant} + Z_c|} \quad (2-3)$$

sehingga diperoleh :

$$Z_{ant} = Z_c \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (2-4)$$

dengan :

Z_{ant} = impedansi antena (Ω)

Z_c = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

2.3.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah rasio amplitudo tegangan maksimum terhadap amplitudo tegangan minimum dalam pola tegangan berdiri. Fluktuasi level daya yang dikarenakan adanya ketidaksesuaian saluran transmisi dengan beban. Besarnya nilai VSWR bervariasi antara 1 sampai \sim (tak terhingga). Semakin tinggi VSWR, semakin besar pula ketidaksesuaian.

$$\text{VSWR} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-5)$$

2.3.3 Return Loss (RL)

Return loss adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. RL adalah parameter seperti VSWR yang menentukan *matching* antara antena dan *transmitter*.

Koefisien pantulan (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantulan dengan tegangan maju (*forward voltage*). Antena yang baik akan mempunyai nilai *return loss* dibawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap, dan 10%-nya terpantulkan kembali. Koefisien pantul dan *return loss* didefinisikan sebagai (Punit, 2004: 19) :

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

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

dengan :

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = tegangan gelombang maju (*incident wave*)

RL = *return loss* (dB)

Untuk *matching* sempurna antara transmitter dan antena, maka nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \sim$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB maka semua daya dipantulkan.



2.3.3.1 Hubungan antara frekuensi dan *Return Loss*

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi acuan (f_r) yang digunakan untuk mencari panjang gelombang diruang bebas (λ_0).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \text{ (m)} \quad (2-8)$$

Setelah dimensi antena diperoleh, dapat diamati melalui simulasi software atau pengukuran bahwa nilai VSWR dan *return loss* yang terbaik berada pada range frekuensi perencanaan. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi kerja antena berpengaruh terhadap *matching impedance*, dimana kondisi paling *match* berada pada kisaran frekuensi kerja yang direncanakan. *Matching impedance* berkaitan dengan koefisien refleksi (Γ), yang mana persamaan koefisien pantul adalah (Balanis: 2005,100):

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad (2-9)$$

Dengan :

Z_{in} = impedansi input antena

Z_0 = impedansi karakteristik saluran transmisi

Persamaan impedansi masukan antena adalah (Balanis: 2005,80):

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$$

Z_{in} = impedansi antena di terminal (Ω)

R_{in} = resistansi antena di terminal (Ω)

X_{in} = reaktansi antena di terminal (Ω)

Dengan nilai *return loss* pada persamaan 2-7

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \text{ (dB)}$$

2.3.4 Bandwidth

Bandwidth didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi dimana performa antena, dengan mengacu pada beberapa karakteristik, dapat memenuhi standar yang telah ditentukan. Untuk antena *broadband*, *bandwidth* biasanya dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi atas dengan frekuensi bawah dalam rentang frekuensi kerja. Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth* rasio (B_r) dinyatakan sebagai (Punit, 2004 : 22) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-10)$$



$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} \quad (2-11)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-12)$$

dengan :

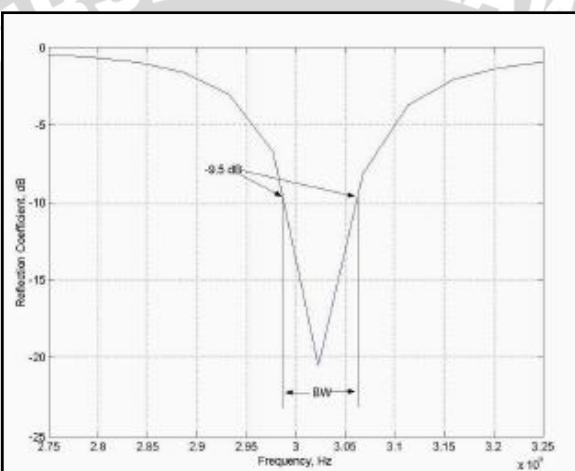
B_p = bandwidth dalam persen (%)

B_r = bandwidth rasio

f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

Untuk lebih jelasnya mengenai gambar dari hasil pengukuran *bandwidth* dapat dilihat dalam Gambar 2.11



Gambar 2.11 Pengukuran *bandwidth* berdasarkan plot *return loss*

(Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 22)

Salah satu cara untuk menentukan *bandwidth* dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik *return loss*.

2.3.5 Pola Radiasi (*radiation pattern*)

Pola radiasi didefiniskan sebagai pernyataan grafis yang mengambarkan sifat radiasi suatu antena pada fungsi koordinat ruang. Pola radiasi disebut juga pola medan (*field pattern*) dan digambarkan sebagai fungsi koordinat arah. Sifat radiasi meliputi intensitas radiasi, kuat medan, sudut fasa dan polarisasi. (Balanis 2005: 27)

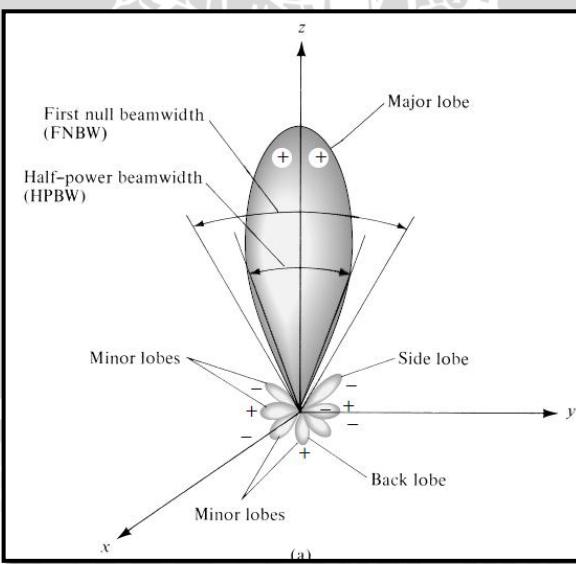
2.3.5.1 Pola Isotropic, Directional, dan Omnidirectional

Berdasarkan pola radiasinya, antena terbagi atas antena dengan pola radiasi *Isotropic, directional, dan omnidirectional*. Radiator isotropis didefinisikan sebagai “sebuah hipotesis antena tanpa memiliki rugi-rugi yang mempunyai radiasi yang sama ke segala arah.” Meskipun ini adalah pola yang ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antena. Antena *directional* adalah antena yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antena *omnidirectional* adalah antena yang mempunyai pola *non-directional* pada suatu bidang tertentu dan sebuah pola *directional* pada bidang tegak lurus lainnya. (Balanis, 2005 : 32)

2.3.5.2 Lobe Pola radiasi

Bagian-bagian dalam pola radiasi disebut juga *lobe*. Berikut ini adalah *lobe* dalam pola radiasi:

- *Main Lobe* : Bagian dari daerah radiasi dimana arah radiasi antena maksimum.
- *Minor lobe*: semua bagian *lobe* kecuali *main lobe*. Minor *lobe* menunjukkan arah radiasi yang tidak diinginkan.
- *Back lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang berlawanan dengan *main lobe*.
- *Side lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*.



Gambar 2.12 Pola radiasi
(sumber: Balanis 2005: 30)

Beamwidth merupakan sudut yang memisahkan antara dua titik identik pada sisi yang berlawanan pada pola maksimum. Dalam pola radiasi antena yang perlu diperhatikan adalah *Half Power Beamwidth (HPBW)* dengan definisi menurut IEEE adalah “suatu bidang yang terdapat pada arah maksimum dari beam, sebuah sudut antara dua arah dimana intensitas radiasi adalah setengah dari nilai beam”. Selain itu *beamwidth* yang harus diperhatikan adalah *First Null Beamwidth (FNBW)*, yaitu sudut yang dilingkupi *main lobe*. (Balanis, 2005 : 42)

2.3.6 Keterarahuan (*Directivity*)

Keterarahuan suatu antena didefinisikan sebagai kemampuan antena untuk mengkonsentrasi energinya pada suatu arah tertentu. Dengan kata lain keterarahuan dari suatu antena dapat ditunjukkan dengan perbandingan antara intensitas radiasi pada arah radiasi tertentu dibandingkan dengan intensitas radiasi rata-rata pada segala arah. (Balanis, 2005 : 44)

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (2-13)$$

D = keterarahuan (tanpa satuan)

D_0 = keterarahuan maximum (tanpa satuan)

U = intensitas radiasi (W/satuan sudut ruang)

U_0 = intensitas radiasi sumber isotropis (W/ satuan sudut ruang)

U_{max} = intensitas radiasi maksimum (W/satuan sudut ruang)

P = daya radiasi total (W)

2.3.7 Gain

Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antena adalah *gain*. Walaupun *gain* sangat berhubungan dengan keterarahuan, pengukuran *gain* memperhitungkan efisiensi antena maupun keterarahannya. *Gain* antena didefinisikan sebagai “perbandingan antara intensitas radiasi yang diberikan pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang didapatkan oleh antena bila diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi yang dipancarkan secara isotropis sama dengan daya yang diterima oleh antena dibagi dengan 4π ” dengan persamaan (Balanis, 2005 : 65)

$$Gain = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya masukan (yang diterima)}} = 4\pi \frac{U(\theta,\phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-14)$$

Gain antena dibedakan menjadi *absolute gain* dan *relative gain*.

Absolute gain suatu antena (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antena pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antena diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi dari daya yang diradiasikan secara isotropis sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal *input*) antena dibagi dengan 4π . Dinyatakan dalam persamaan (13).

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (2- 15)$$

dengan:

G = gain antena (dB)

U_m = intensitas radiasi antena (watt)

P_{in} = daya *input* total yang diterima oleh antena (watt)

Relative gain suatu antena didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antena referensi dalam acuannya (dengan catatan bahwa kedua antena mempunyai daya masukan yang sama). Untuk *gain* relatif, antena referensi yang digunakan berupa antena sumber isotropis tanpa rugi. Sehingga:

$$\text{Gain} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (\text{tanpa satuan}) \quad (2- 16)$$

Penguatan daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada amplifier. Penguatan daya disini mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antena tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antena isotropis yang bentuk polanya seperti bola. *Radiator* isotropis sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada praktisnya *gain* antena biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antena standar dipole $\frac{1}{2}\lambda$ yang kira-kira 1,64 kali atau 2,15 dB dibandingkan dengan suatu radiator isotropis. Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah :

$$G = 1,64 \times \frac{P_u}{P_R} \quad (2- 17)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \times \frac{P_u}{P_R} \quad (2- 18)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2- 19)$$

dengan :

G = gain antena uji (dB)

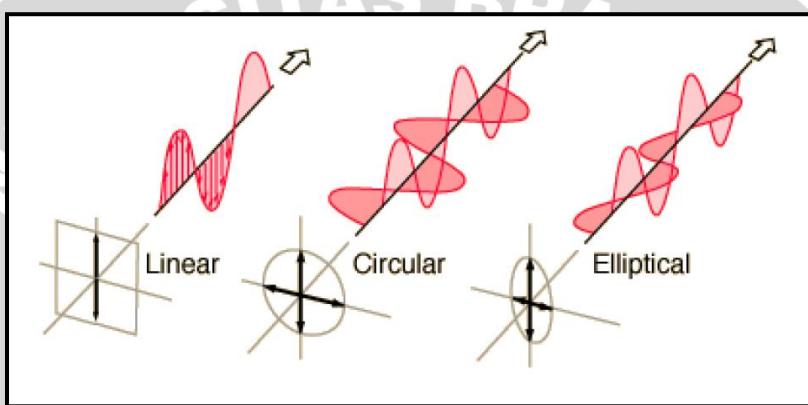
P_u = daya yang diterima antena uji (W)

P_R = daya yang diterima antena referensi (W)



2.3.8 Polarisasi

Polarisasi merupakan salah satu parameter antena yang digambarkan sebagai arah vektor gelombang medan elektrik yang diradiasikan. Polarisasi juga dapat diartikan sebagai arah getaran gelombang radio atau dalam bahasa yang lebih tepat adalah arah medan elektrik gelombang radio yang dibangkitkan dari sebuah antena. Polarisasi gelombang dapat didefinisikan pemancaran atau penerimaan gelombang oleh antena dalam arah tertentu. Polarisasi dapat dikelompokkan sebagai linier, lingkaran, elips. Jika vektor, yang menggambarkan medan elektrik sebagai fungsi waktu, selalu searah sepanjang garis lurus, maka medan tersebut dikatakan sebagai polarisasi linier (Balanis, 2005: 72).



Gambar 2.13 Bentuk umum polarisasi
(sumber : shakeeb 2010 : 8)

Secara umum medan elektrik antena (medan E) mempunyai dua komponen dalam satu bidang. Dua komponen medan E ini mungkin mempunyai besar dan arah sudut yang berbeda. Kedua antena, baik pada pemancar maupun pada penerima, harus memiliki polarisasi yang sama agar gelombang yang dipancarkan dapat diterima secara maksimum. Jika kedua antena yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer energi akibat ketidaksetaraan polarisasi.

2.4 Perancangan Antena Mikrostrip *Circular Patch* untuk Frekuensi Kerja 2,4GHz

2.4.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan *Phenolic White Paper – FR 2*

- Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
- Ketebalan dielektrik (h) = 0,0019 m = 1,9 mm
- *Loss tangen* = 0,02

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga :

- Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,00001 m = 0,01 mm
- Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m⁻¹
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

Dalam menentukan bahan atau *substrat* harus diketahui batasan jangkauan frekuensi maksimum yang masih bisa dilewati pada substrat dengan persamaan berikut : (Johan L, 2002 : 33)

$$h \leq \frac{0,3 c}{2\pi f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2- 20)$$

dengan :

h = ketebalan substrat (m)

c = cepat rambat cahaya di udara (3×10^8 m/s)

f_r = frekuensi kerja (Hz)

ϵ_r = konstanta dielektrik bahan

Substrat ini harus memenuhi syarat untuk digunakan pada rentang frekuensi RFID pada 2,4 GHz.

2.4.2 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi acuan (f_r) yang digunakan untuk mencari panjang gelombang diruang bebas (λ_0).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (\text{m}) \quad (2- 21)$$

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (λ_d) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m}) \quad (2- 22)$$

dengan:

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

c = cepat rambat cahaya di udara (3×10^8 m/s)

Radius elemen peradiasi antena mikrostrip *circular patch* diperoleh dengan menggunakan persamaan (Balanis, 2005: 846) :

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} [\ln(\frac{\pi F}{2h}) + 1,7726]\right\}^{1/2}} \quad (2-23)$$

dengan:

- a = dimensi radius *circular patch* (cm)
- h = ketebalan substrat (m)
- ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)
- F = fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi

Fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan: (Balanis, 2005: 846)

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-24)$$

dengan:

- f_r = frekuensi kerja pada antena (Hz)
- ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.4.3 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Lebar saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (Liang J, 2004):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-25)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-26)$$

dengan:

W = lebar saluran saluran transmisi mikrostrip (m)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

h = tebal substrat (m)

ϵ_r = konstanta dielektrik substrat

Untuk panjang saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (K.C. Gupta, 1981):

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2-27)$$

dengan:

L_0 = panjang saluran transmisi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)



2.4.4 Perencanaan Dimensi *Ground Plane*

Dimensi minimum *ground plane* yang dibutuhkan oleh antena mikrostrip diberikan melalui persamaan: (Punit S. Nakar, 2004)

$$L_g = 6h + 2R \quad (2-28)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2} R \quad (2-29)$$

dengan:

h = ketebalan substrat (mm)

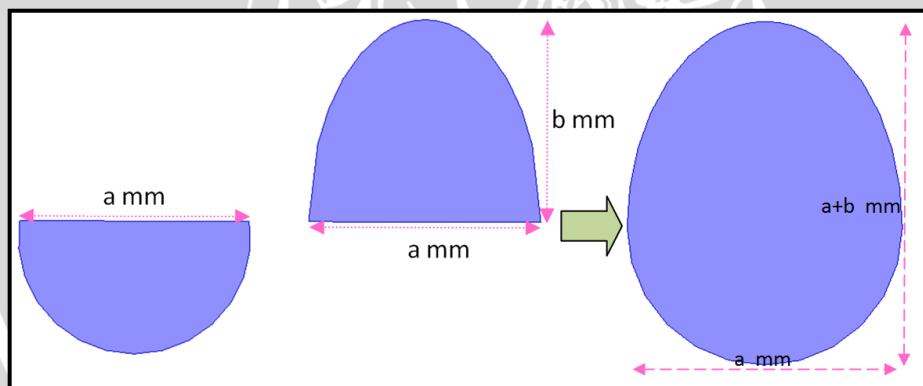
R = jari-jari *circular patch* (mm)

L_g = panjang minimum *groundplane* (mm)

W_g = lebar ninimum *ground plane* (mm)

2.4.5 Perencanaan Dimensi Slot Egg

Antena mikrostrip dalam skripsi ini, bentuk *egg* akan diaplikasikan sebagai slot pada *ground plane*. Dimensi slot *egg* dirancang berdasarkan dimensi perancangan antena *egg* yang telah dilakukan sebelumnya yaitu terbentuk dari setengah lingkaran dengan diameter a dan setengah ellips dengan diameter primer a dan diameter sekunder $2b$. (Rudy Yuwono, 2010)

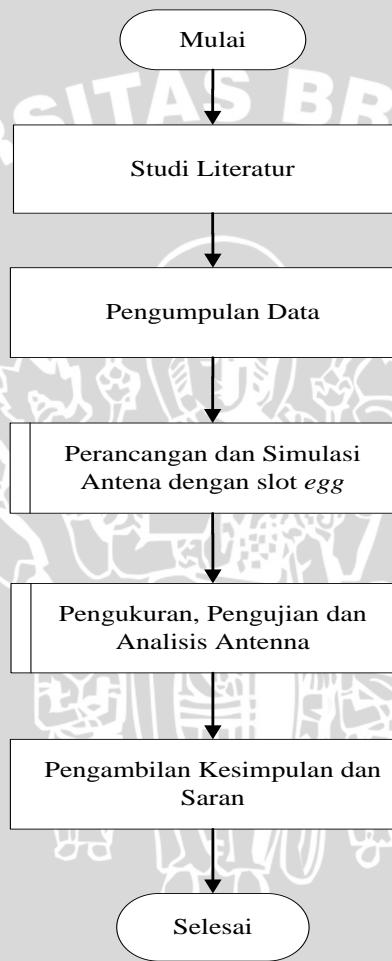


Gambar 2.14 Struktur dasar antena *egg*
(sumber : perancangan)

Berdasarkan struktur dasar antena *egg* dalam gambar 2.14, bentuk *egg* dapat dimodifikasi sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

BAB III METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah mengenai perencanaan dan pembuatan antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* untuk mendapatkan antena yang bekerja pada *ultra wideband* dengan frekuensi kerja 2,4 GHz. Adapun metodologi yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

3.1 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami analisis dan desain antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* untuk menghasilkan *ultra wideband* pada frekuensi kerja 2,4 GHz beserta perancangan, pembuatan dan penerapannya di bidang telekomunikasi. Dalam pembahasan skripsi ini adalah penerapannya untuk aplikasi *Ultra Wideband Radio Frequency Identification (UWB-RFID) tag*.

3.2 Pengumpulan Data

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

- a. Data primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari simulasi hasil dan pengukuran secara praktik.

- b. Data sekunder

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

- Spesifikasi dari dimensi substrat, yang meliputi :

 - 1) Bahan substrat yang digunakan adalah *Phenolic White Paper – FR 2*.
 - 2) Konstanta dielektrik relatif substrat *Phenolic White Paper – FR 2*.
 - 3) Ketebalan lapisan dielektrik substrat *Phenolic White Paper – FR 2*.
 - Spesifikasi dari bahan pelapis substrat (konduktor), yang meliputi :

 - 1) Konduktor yang digunakan adalah tembaga.
 - 2) Konduktifitas tembaga.

3.3 Perancangan dan Simulasi dengan Menggunakan Program Ansoft HFSS v.13 Antena Mikrostrip

Perancangan antena mikrostrip dilakukan secara matematis berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Hasil rancangan kemudian disimulasikan menggunakan software perancangan untuk mengetahui parameter antena. Tahap perancangan dan simulasi antena ini penting untuk melihat kualifikasi dari hasil rancangan apakah sudah sesuai atau belum dengan yang direncanakan. Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan *Phenolic White Paper – FR 2*

- Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
- Ketebalan dielektrik (h) = 0,0019 m = 1,9 mm
- *Loss tangen* ($\tan \delta$) = 0,018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:

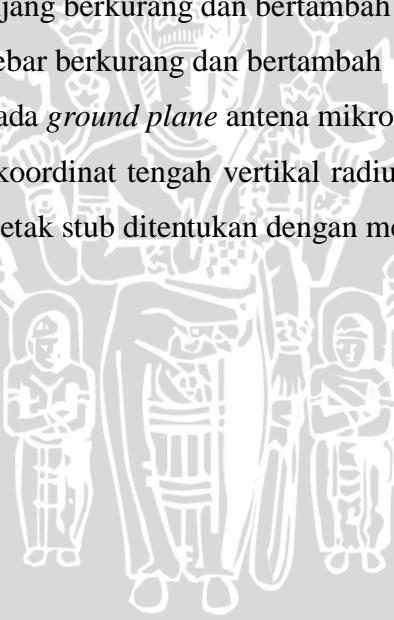
- Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,00001 m = 0,01 mm

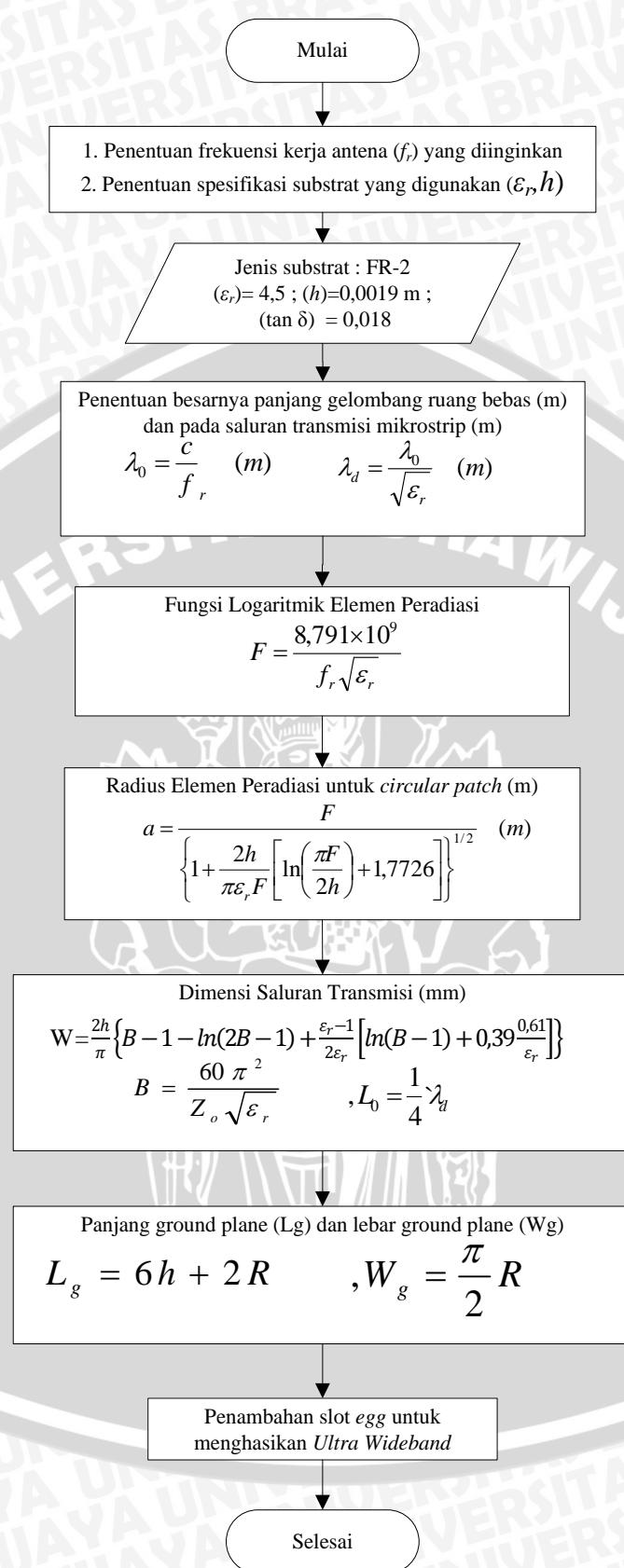


- Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m⁻¹
- Impedansi karakteristik saluran (Z_0) = 50Ω

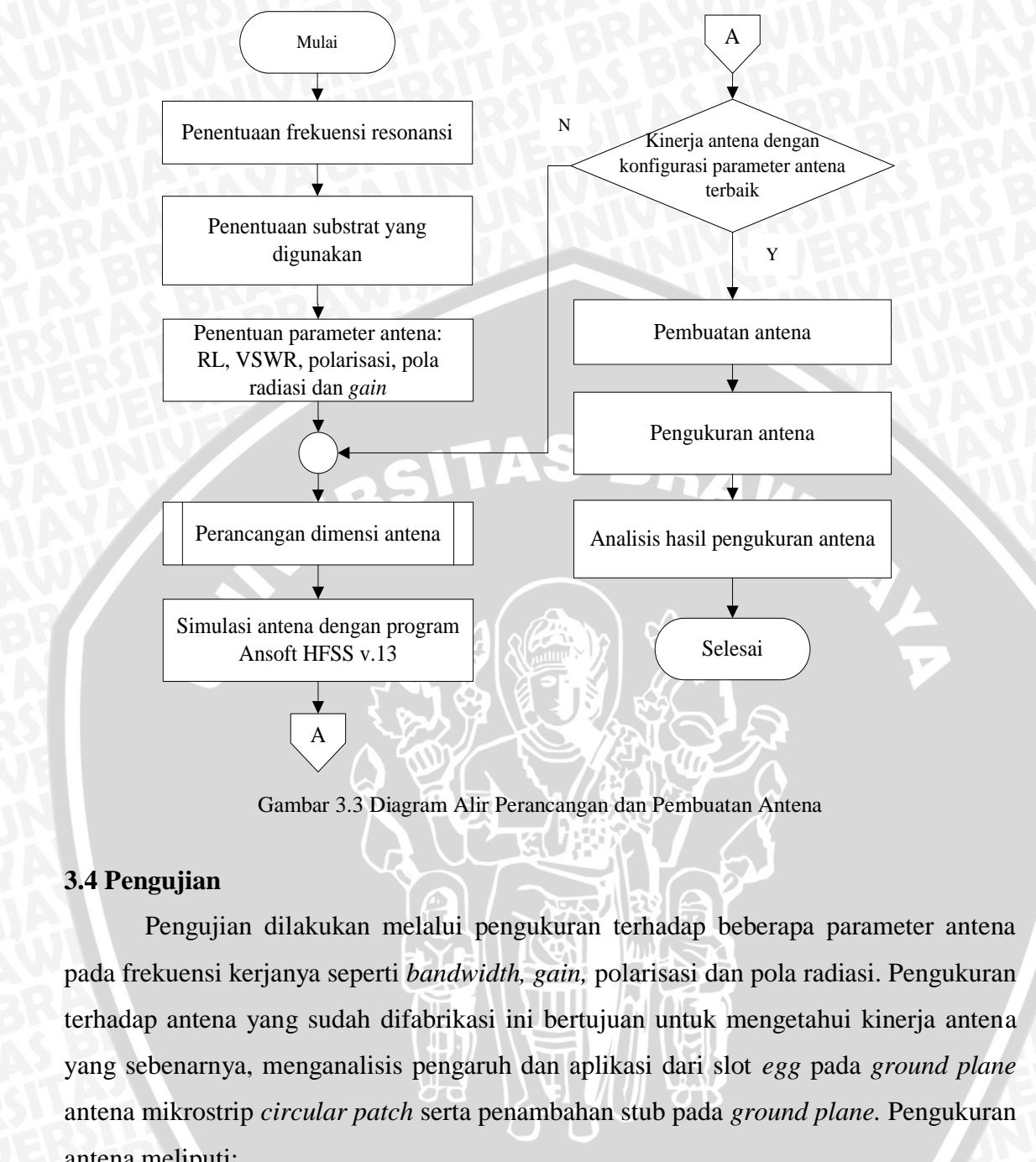
Simulasi terhadap antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* ini meliputi:

1. Mensimulasikan antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* pada *ground plane* berdasarkan dimensi perhitungan yang kemudian akan dioptimasi untuk mendapatkan hasil yang terbaik.
2. Mensimulasikan antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* pada *ground plane* dengan penambahan stub pada *ground plane* dengan perubahan variabel sebagai berikut:
 - a. Variasi dimensi stub pada *ground plane* antena mikrostrip
Bentuk Stub adalah persegi panjang dengan panjang (L_s) dan lebar stub (W_s). Variabel pengaruh dimensi dibagi menjadi 2, yaitu:
 - Lebar tetap, panjang berkurang dan bertambah
 - Panjang tetap, lebar berkurang dan bertambah
 - b. Variasi letak stub pada *ground plane* antena mikrostrip
Stub terletak pada koordinat tengah vertikal radius lingkaran pada slot *egg*. Variabel pengaruh letak stub ditentukan dengan menaikkan letak stub ke atas maupun ke bawah.





Gambar 3.2 Diagram Alir Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip



Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan dan Pembuatan Antena

3.4 Pengujian

Pengujian dilakukan melalui pengukuran terhadap beberapa parameter antena pada frekuensi kerjanya seperti *bandwidth*, *gain*, polarisasi dan pola radiasi. Pengukuran terhadap antena yang sudah difabrikasi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja antena yang sebenarnya, menganalisis pengaruh dan aplikasi dari slot *egg* pada *ground plane* antena mikrostrip *circular patch* serta penambahan stub pada *ground plane*. Pengukuran antena meliputi:

3.4.1 Pengukuran *Bandwidth* melalui *Return Loss*, Koefisien Pantul dan Perhitungan VSWR

Dari hasil pengukuran impedansi dan *return loss* dapat dihitung nilai VSWR dan koefisien pantul antena. Dari perhitungan VSWR nantinya dapat diketahui rentang frekuensi dari antena sehingga *bandwidth* antena dapat diketahui. Dalam pengukuran ini alat-alat yang digunakan mempunyai spesifikasi yaitu :

- 1) *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*

- 2) *Directional Coupler*
- 3) Antena uji (Antena Mikrostrip *Circular Patch*)
- 4) Kabel koaksial RG-58A/U
- 5) Konektor N *Female*

3.4.2 Pengukuran *Gain* Antena

Pada pengukuran *gain* antena ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antena referensi (Pref), daya antena yang diuji (PRx), dan *gain* antena yang diuji (G) kemudian dari parameter tersebut dapat dihitung *gain* antena uji.

Adapun spesifikasi alat yang digunakan dalam pengukuran *gain* yaitu :

- 1) *Signal Generator FR M13 200 kHZ - 3 GHz Aeroflex.*
- 2) *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*
- 3) Dua buah antena standar *dipole sleeve* $\lambda/2$
- 4) Antena uji (Antena Mikrostrip *Circular Patch*)
- 5) Kabel koaksial RG-58A/U
- 6) Konektor tipe N *Female*
- 7) Dua Buah Tiang penyangga

3.4.3 Pengukuran Polarisasi

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antena uji. Nilai daya yang diterima kemudian dinormalisasi, sehingga data hasil pengukuran dapat diubah ke dalam bentuk diagram polar agar dapat diketahui polarisasi antenanya. Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran polarisasi antara lain :

- 1) *Signal Generator FR M13 200 kHZ - 3 GHz Aeroflex.*
- 2) *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*
- 3) Satu buah antena standar *dipole sleeve* $\lambda/2$
- 4) Antena uji (Antena Mikrostrip *Circular Patch*)
- 5) Kabel koaksial RG-58A/U
- 6) Konektor tipe N *Female*
- 7) Dua buah tiang penyangga dengan skala sudut putar

3.4.4 Pengukuran Pola Radiasi

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antena uji. Pola radiasi yang diperoleh yaitu Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal. Adapun alat-alat yang digunakan dalam mengukur yaitu :

- 1) *Signal Generator FR M13 200 kHZ - 3 GHz Aeroflex.*
- 2) *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*
- 3) Satu buah antena standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
- 4) Antena uji (Antena Mikrostrip *Circular Patch*)
- 5) Kabel koaksial RG-58A/U
- 6) Konektor tipe N *Female*
- 7) Dua buah tiang penyangga dengan skala sudut putar

3.4.5 Analisis

Analisis data hasil simulasi yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh slot *egg* dengan penambahan stub pada *ground plane* terhadap kinerja antena mikrostrip pada frekuensi kerja 2,4 GHz. Teknik pengolahan data dilakukan dengan cara tabulasi, pengamatan hasil simulasi dan mengubah variabel-variabel yang telah ditentukan sebelumnya.

Pengaruh dari perubahan variabel terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* pada *ground plane* yang dianalisis adalah sebagai berikut:

- Pengaruh slot *egg* pada *ground plane* antena mikrostrip
- Pengaruh dimensi stub pada *ground plane* antena mikrostrip
- Pengaruh letak stub pada *ground plane* antena mikrostrip

dengan variabel perubahannya telah dijelaskan sebelumnya.

Analisis yang dilakukan difokuskan pada parameter antena mikrostrip yang meliputi:

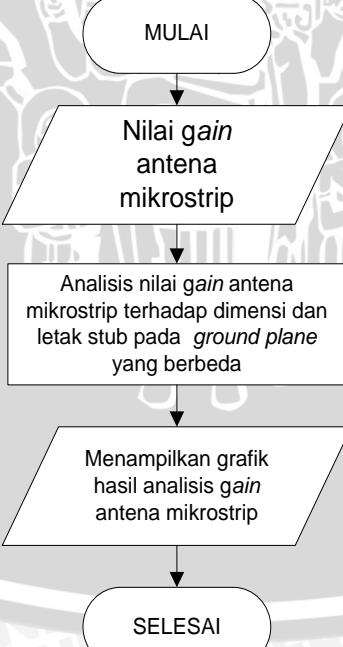
1. *Bandwidth*





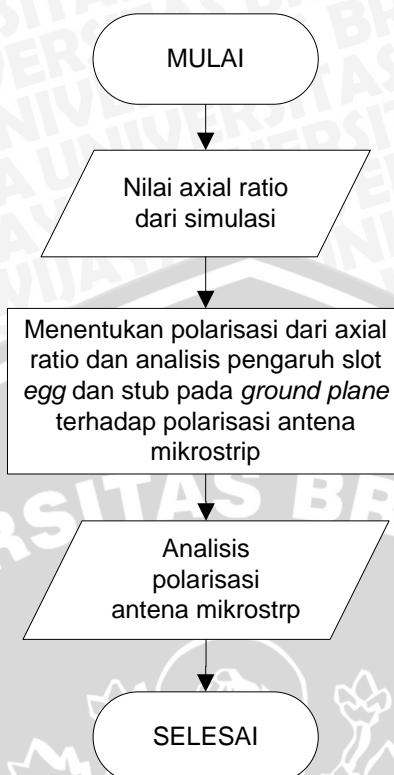
Gambar 3.4 Diagram Alir Analisa *Bandwidth* Antena Mikrostrip
Sumber: Perancangan

2. Gain



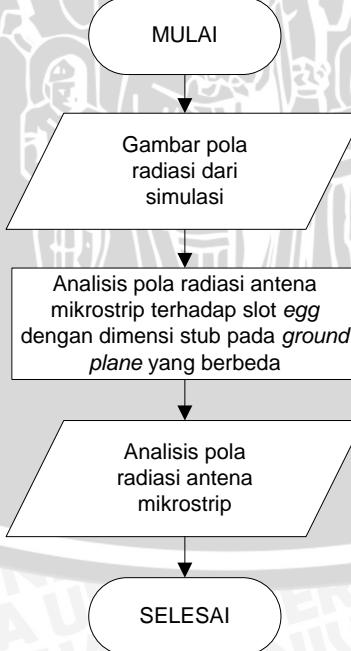
Gambar 3.5 Diagram Alir Analisa *Gain* Antena Mikrostrip
Sumber: Perancangan

3. Polarisasi



Gambar 3.6 Diagram Alir Analisa Polarisasi Antena Mikrostrip
Sumber: Perancangan

4. Pola radiasi



Gambar 3.7 Diagram Alir Analisa Pola Radiasi Antena Mikrostrip
Sumber: Perancangan

3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan ditulis berdasarkan hasil analisis dari simulasi dan pengujian antena yang dilakukan. Pada bagian ini dijelaskan secara singkat tentang hasil yang telah dicapai beserta saran untuk pengembangan selanjutnya.



BAB IV

PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MIKROSTRIP

CIRCULAR PATCH DENGAN SLOT EGG

4.1 Tinjauan Umum

Pada skripsi ini akan dirancang antena mikrostrip *circular patch* dengan penambahan slot *egg* pada bagian *ground plane* untuk mendapatkan karakteristik antena yang telah ditentukan. Jenis antena mikrostrip yang dirancang adalah antena mikrostrip slot berbentuk *egg* dan teknik pencatuan menggunakan saluran mikrostrip (*microstrip line feed*). Keuntungan rancangan ini adalah desain yang sederhana dan mudah dalam proses fabrikasinya serta dapat menghasilkan *bandwidth* yang lebar sehingga mampu memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan.

Ada beberapa tahapan dalam perancangan antena ini, diantaranya adalah penentuan spesifikasi substrat yang akan digunakan, penentuan dimensi antena, saluran transmisi, *ground plane* dan slot serta penentuan dimensi stub. Kemudian dilakukan simulasi dengan simulator Ansoft HFSS™ 13.0 untuk mengetahui performansi antena. Apabila performansi antena belum menunjukkan hasil yang diinginkan, maka dilakukan proses optimasi untuk meningkatkan performansi antena.

4.2 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Terdapat beberapa macam substrat yang dapat digunakan dalam pembuatan antena mikrostrip, konstanta dielektrik substrat tersebut biasanya pada $range 2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Substrat yang tebal dan memiliki konstanta dielektrik yang rendah akan menghasilkan efisiensi yang lebih bagus, *bandwidth* yang lebar, dan sebagainya (Balanis, 2005: 812).

Dalam perancangan antena mikrostrip perlu diketahui terlebih dahulu mengenai substrat yang akan digunakan. Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Bahan *Phenolic White Paper – FR 2*
Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
Ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0019 m = 1,9 mm
 $Loss tangent$ = 0,018
- Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga
Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,00001 m = 0,01 m
Konuktifitas tembaga (σ) = 5.80×10^7 mho m⁻¹

4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi acuan (f_r) yang digunakan, yaitu 2400 MHz. Frekuensi acuan pada antena *ultra wideband* didapatkan ditentukan pada antena yang akan diaplikasikan pada gelombang mikro 2400 MHz, sedangkan untuk pengujian, pada penulisan skripsi ini, antena kan diuji pada frekuensi 1700-2700 MHz. Nilai perambatan di ruang bebas (c) sebesar $3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Dengan menggunakan persamaan (2-19):

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r}$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{2,4 \times 10^9} = 0,125 \text{ m}$$

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan (2-20):

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\lambda_d = \frac{0.136}{\sqrt{4.5}} = 0,0589 \text{ m}$$

konstanta dielektrik material ϵ_r mempengaruhi bagaimana gelombang elektromagnetik bergerak melalui sebuah materi. Nilai tinggi dari konstanta dielektrik membuat jarak dalam material terlihat lebih besar. Ini berarti bahwa perambatan cahaya lebih lambat. Hal ini juga mempengaruhi perilaku gelombang ketika melewati sebuah materi dimana gelombang berperilaku seolah-olah sinyal memiliki panjang gelombang λ_d lebih pendek.

4.3.1 Perencanaan Dimensi *Circular Patch*

Untuk menentukan radius elemen peradiasi antena mikrostrip *circular patch* diperoleh dengan menggunakan persamaan (2-21):

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}}$$

Terlebih dahulu dilakukan penghitungan fungsi logaritmik F . Dengan $f_r = 2400 \text{ MHz}$; $(\epsilon_r) = 4,5$, maka nilai fungsi logaritmik F dapat dihitung dengan persamaan (2-22):

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \\
 &= \frac{8,791 \times 10^9}{2,4 \times 10^9 \sqrt{4,5}} \\
 &= 1,7267
 \end{aligned}$$

Maka besar radius elemen peradiasi (a) untuk frekuensi 2400 MHz adalah

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{F}{\left\{1 + \frac{2 \times 1,9 \times 10^{-3}}{3,14 \times 4,5 \times 1,7267} \times \left[\ln\left(\frac{3,14 \times 1,7267}{2 \times 1,9 \times 10^{-3}}\right) + 1,7726\right]\right\}^{1/2}} \\
 &= 1,7256 \text{ cm} = 17,256 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Perencanaan Dimensi *Ground Plane*

Untuk menghitung panjang dan lebar minimal *ground plane*, masing-masing didapatkan dengan menggunakan persamaan (2-26) dan (2-27):

$$\begin{aligned}
 L_g &= 6h + 2R = (6 \times 1,9 \times 10^{-3}) + (2 \times 18,8 \times 10^{-3}) \\
 &= 49 \times 10^{-3} \text{ m} = 49 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_g &= 6h + \frac{\pi}{2}R = (6 \times 1,9 \times 10^{-3}) + (\frac{\pi}{2} \times 18,8 \times 10^{-3}) \\
 &= 40,9 \times 10^{-3} \text{ m} = 40,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pada penulisan skripsi ini, karena penggunaan antena didasarkan sebagai aplikasi RFID *tag*, maka diharapkan dimensi *ground plane* maksimal sebesar kartu mahasiswa yaitu 55 mm \times 85 mm

4.4 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi menggunakan persamaan (2-23) dan (2-24) :

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \\
 &= \frac{60 \times 3,14^2}{50 \sqrt{4,5}} = 5,517
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \\
 &= \frac{2 \times 1,6}{3,14} \left\{ 5,517 - 1 - \ln(2 \times 5,517 - 1) + \frac{4,6 - 1}{2 \times 4,5} \left[\ln(5,517 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,6} \right] \right\} \\
 &= 1,109 \{ 4,517 - \ln(10,034) + 0,391 [\ln(4,517) + 0,257] \}
 \end{aligned}$$

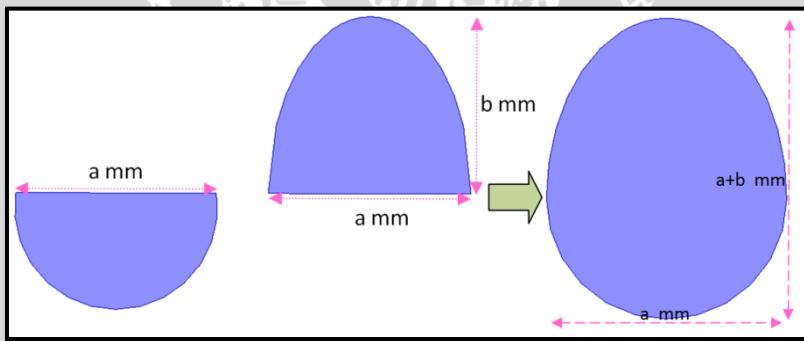
$$\begin{aligned}
 &= 1,109\{4,517 - 2,306 + 0,391[1,508 + 0,257]\} \\
 &= 1,109(2,211 + 0,391[1,765]) \\
 &= 1,109(2,211 + 0,69) \\
 &= 3,217 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk panjang dari saluran transmisi mikrostrip dihitung dengan menggunakan persamaan (2-25):

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{1}{4}\lambda_d \\
 L &= \frac{1}{4}0,0589 = 0,014725 \text{ m} = 14,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.5 Perencanaan Slot Egg

Slot *egg* akan dirancang berdasarkan geometri dari dimensi antena *egg* oleh Rudy Yuwono (2010) yang telah terbukti dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband* seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.14 dimana perancangan dimensi slot *egg* akan menyesuaikan dimensi *ground plane* yang akan memenuhi syarat perancangan bila mencakup dimensi minimalnya.

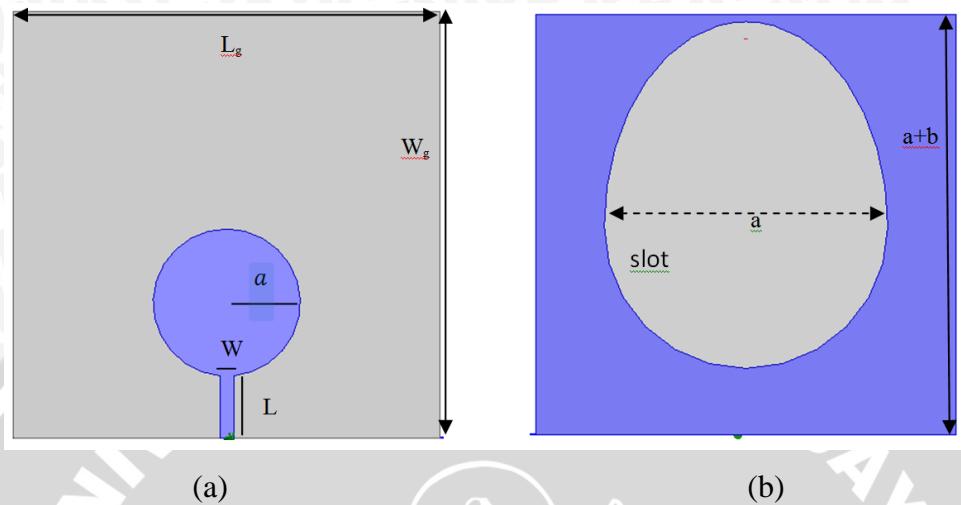


Dimensi slot *egg* pada perancangan awal diambil dari dimensi asli antena *egg* yaitu 90 mm – 100 mm. Akan tetapi mengingat kegunaannya sebagai antena RFID, maka dimensi slot *egg* awal yang digunakan adalah 75% dari dimensi awal, yaitu dengan diameter setengah lingkaran (*a*) sebesar 67,5 mm dan setengah diameter sekunder sebesar 48,75 mm.

4.6 Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot *Egg*

Perancangan antena mikrostrip dilakukan secara sistematis berdasarkan pada materi dan referensi yang telah diperoleh dari hasil studi literatur. Setelah didapatkan

dimensi *patch*, *ground plane*, slot dan saluran transmisi, kemudian dilakukan proses simulasi untuk mengetahui performansi antena. Simulasi dilakukan dengan menggunakan simulator *HFSS Ansoft™* versi 13.0. Berikut ini adalah dimensi antena berdasarkan dari perhitungan dan hasil studi literatur.



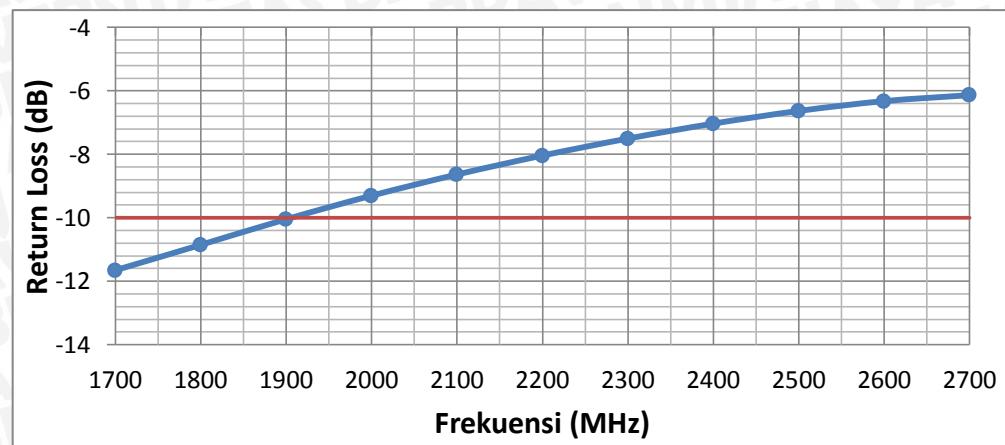
Gambar 4.1 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* (sebelum Optimasi).
 (a) tampak depan; (b) tampak belakang

Sumber: Perancangan

Keterangan:

a	= Dimensi radius <i>circular patch</i>	= 17,256 mm
L	= Panjang saluran transmisi	= 14,7 mm
W	= Lebar saluran transmisi	= 3,217 mm
L_g	= Panjang <i>ground plane</i>	= 100 mm
W_g	= Lebar <i>ground plane</i>	= 100 mm
a	= Diameter setengah lingkaran	= 67,5 mm
b	= Setengah diameter sekunder	= 48,75 mm

Setelah disimulasi dengan menggunakan simulator *HFSS Ansoft™* versi 13.0, didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 4.1

Gambar 4.2 Grafik *Return Loss* terhadap frekuensi (Sebelum Optimasi)

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi pada gambar 4.2 menunjukkan frekuensi dengan kisaran $Return\ Loss \leq -10\ dB$ berada pada frekuensi $1700 - 1903\ MHz$. Hasil simulasi menunjukkan antena belum memenuhi syarat perencanaan antena, yaitu bekerja pada rentang frekuensi $1700 - 2700\ MHz$. Untuk perancangan antena *ultra wideband*, parameter utama yang perlu diperhatikan adalah *bandwidth* antena. Selain itu, antena ini akan diaplikasikan sebagai antena pada RFID *tag* yang dimensi antenanya diupayakan sekecil mungkin, sehingga masih perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

4.6.1 Optimasi Dimensi *Circular Patch*

Berdasarkan perhitungan, didapatkan antena dengan radius *circular patch* sebesar $17,256\ mm$ belum mencakup *bandwidth* yang direncanakan. Oleh karena itu, optimasi akan dilakukan dengan cara mengubah dimensi *circular patch* dengan perhitungan dimensi yang lain yang tetap sesuai perhitungan sebelumnya.

Tabel 4.1 Optimasi Dimensi *Circular Patch*

Antena	a (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)
01	18	1700 - 1823	123
02	14	1823 - 2379	556
03	12	2069 - 2650	580
04	10	2021- 2700	679
05	8	2456 - 2700	244

Sumber: Simulasi

Berdasarkan hasil optimasi *circular patch* dalam tabel 4.1, terlihat bahwa *bandwidth* paling lebar terdapat pada antena 04 dengan radius *circular patch* 10 mm yaitu dengan *bandwidth* sebesar 679 MHz yang bekerja pada frekuensi 2012 – 2700 MHz.

4.6.2 Optimasi Dimensi Saluran Transmisi

Optimasi dimensi *circular patch* menunjukkan bahwa dimensi antena terbaik ditunjukkan oleh antena 04 dengan dimensi saluran transmisi awal 14,7 mm. Sehingga untuk selanjutnya, akan dilakukan optimasi panjang saluran transmisi seperti yang terdapat dalam tabel 4.2

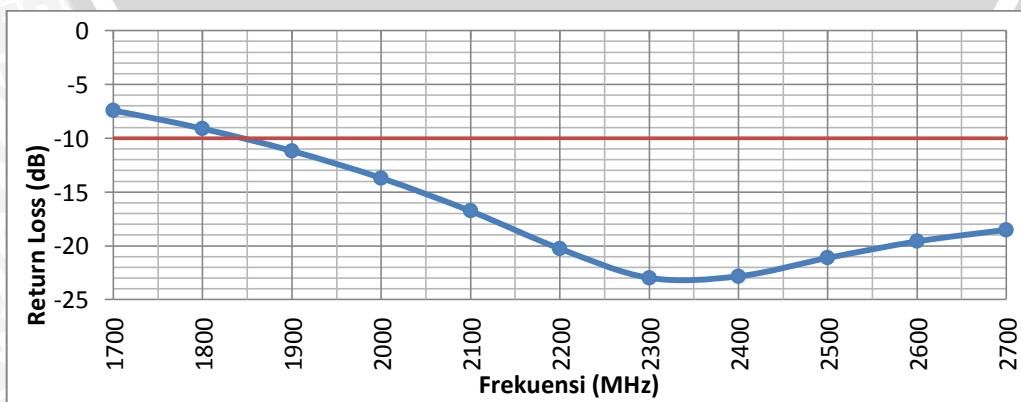
Tabel 4.2 Optimasi Dimensi Saluran Transmisi

Antena	L (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)
06	10	1965 - 2700	735
07	8	1923 - 2700	777
08	6	1860 - 2700	840
09	5	1845 - 2700	855
10	4	2102 - 2700	598
11	3	-	-

Sumber: Simulasi

Dalam tabel 4.2 ditunjukkan bahwa antena 09 dengan saluran transmisi sepanjang 5 mm memiliki *bandwidth* yang paling lebar diantara saluran transmisi lain.

Berdasarkan hasil optimasi radius *circular patch* dan saluran transmisi, didapatkan bahwa antena dengan radius *circular patch* (*a*) 10 mm dengan saluran transmisi sepanjang 5 mm memiliki *bandwidth* terbesar diantara konfigurasi antena lain seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik *Return Loss* terhadap frekuensi (Setelah optimasi *patch* dan saluran transmisi)

Sumber: Simulasi

Gambar 4.3 menunjukkan grafik hasil optimasi patch dan saluran transmisi dengan *bandwidth* sebesar 855 yang terdapat pada frekuensi 1845 – 2700 MHz. Karena dalam skripsi ini, antena diaplikasikan sebagai antena RFID, maka akan dilakukan optimasi dimensi slot *egg* untuk mendapatkan dimensi antena yang lebih kecil dengan performansi yang terbaik.

4.6.3 Optimasi Dimensi Slot Egg

Optimasi slot *egg* mencakup optimasi besar slot *egg* serta besar dimensi pada *ground plane* di mana tujuan optimasi ini adalah untuk mendapatkan dimensi keseluruhan antena sekecil mungkin untuk aplikasi RFID *tag* dengan hasil yang optimal. Dimensi *egg* yang akan diaplikasikan pada slot antena mikrosotrip *circular patch* divariasikan mulai dari skala 100% yang merupakan dimensi asli dari antena *egg* yaitu diameter setengah lingkaran (a) sebesar 90 mm dan setengah diameter sekunder (b) sebesar 65 mm hingga skala tertentu hingga didapatkan hasil yang diinginkan

Tabel 4.3 Variasi dimensi Slot *egg*

Skala (%)	a (mm)	b (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)	Gain (dBi) pada frekuensi 2,4 GHz
100	90	65	1810 – 2700	890	-25,84
90	81	58,5	1966 – 2700	734	-25,92
80	76,5	52	1797 - 2700	903	-25,61
70	63	45,5	1823 – 2700	877	-23,44
60	54	39	1850 – 2700	850	-22,96
50	45	32,5	1777 – 2700	923	-22,84
40	36	26	2496 – 2700	204	-20,89

Sumber: hasil simulasi

Berdasarkan tabel 4.3, diketahui bahwa *bandwidth* paling lebar dihasilkan oleh antena slot *egg* dengan skala 50% dari dimensi asli antena *egg*. Oleh karena itu, dilakukan optimasi lebih lanjut dengan kisaran skala 50% dari dimensi antena *egg* yaitu dengan diameter setengah lingkaran (a) sebesar 45 mm dan setengah diameter sekunder (b) sebesar 32,5 mm agar didapatkan hasil yang lebih baik.

Tabel 4.4 Optimasi dimensi Slot egg dan dimensi ground plane

antena	a (mm)	b (mm)	L_g (mm)	W_g (mm)	Rentang Frekuensi (Mhz)	Bandwidth (MHz)
12	45	32,5	85	60	2126 – 2700	574
12a			60	85	2279 – 2700	421
13			80	60	2153 – 2700	547
14			75	60	2143 – 2700	557
15			70	60	2236 – 2700	464
16			65	60	2143 – 2700	557
17			60	60	2203 – 2700	497
18	44	32	85	60	2148 – 2700	552
18a			60	85	2314 – 2700	386
19			80	60	2172 – 2700	528
20			75	60	2314 – 2700	386
21			70	60	2258 – 2700	442
22			65	60	2300 – 2700	400
23			60	60	2362 – 2700	338
24	42	31	85	60	2199 – 2700	501
24a			60	85	2325 – 2700	375
25			80	60	2227 – 2700	473
26			75	60	2309 – 2700	391
27			70	60	2265 – 2700	435
28			65	60	2329 – 2700	371
29			60	60	2349 – 2700	351
30	41	30,5	85	60	2150 – 2700	550
30a			60	85	2281 – 2700	419
31			80	57,5	2137 – 2700	563
32			75	57,5	2141 – 2700	559
33			70	57,5	2139 – 2700	561
34			65	57,5	2141 – 2700	559
35			60	57,5	2205 – 2700	495
36			57,5	57,5	2177 – 2700	523
37	40	30	85	60	2187 – 2700	513
37a			60	85	2263 – 2700	437
38			85	55	2148 – 2700	552
39			80	55	2123 – 2700	577
40			75	55	2150 – 2700	550

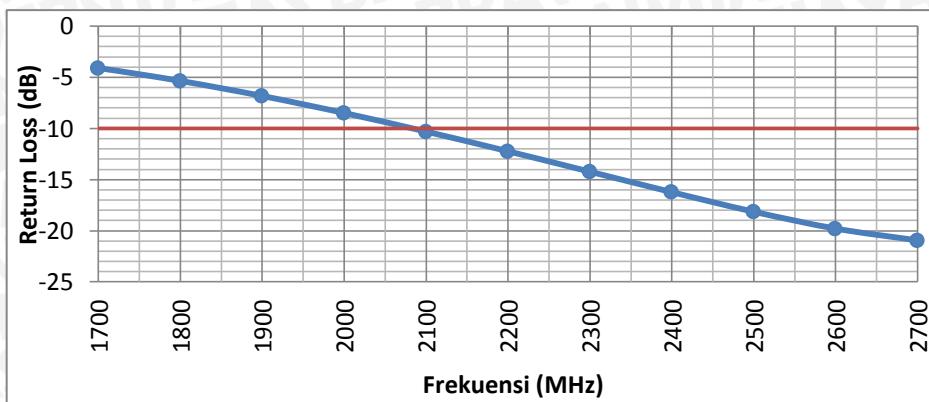
41	40	27,5	70	55	2117 – 2700	583
42			65	55	2101 – 2700	599
43			60	55	2112 – 2700	588
44			55	55	2074 – 2700	626
45			85	60	2171 – 2700	529
45a			60	85	2256 – 2700	444
46			85	55	2144 – 2700	556
47			85	52	2133 – 2700	567
48			80	52	2123 – 2700	577
49			75	52	2112 – 2700	588
50			70	52	2087 – 2700	613
51			65	52	2195 – 2700	505
52			60	52	2222 – 2700	478
53			55	52	2183 – 2700	517
54			52	52	2284 – 2700	416

Sumber: Simulasi

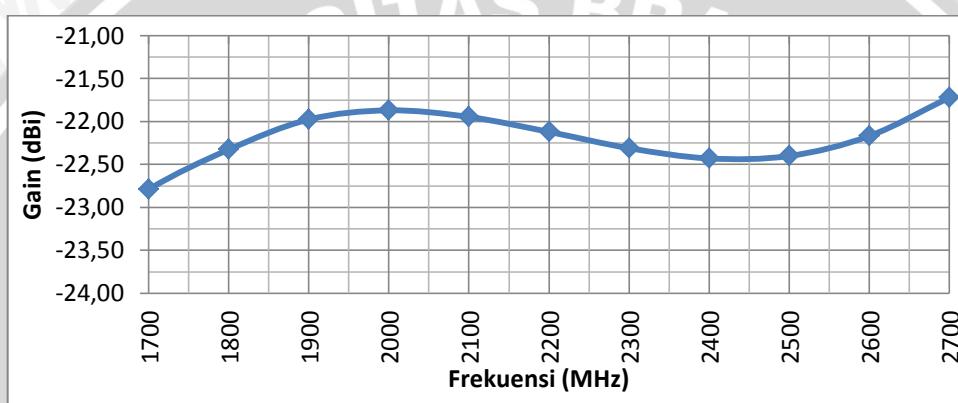
Optimasi slot *egg* disertai dengan penyesuaian dimensi *ground plane* terdapat dalam tabel 4.4. Dari data hasil simulasi tersebut, didapatkan bahwa nilai *bandwidth* tertinggi yaitu 613 MHz, terdapat pada antena 50 dengan dimensi slot *egg* 40 mm untuk diameter setengah setengah lingkaran dan 27,5 mm untuk setengah diameter sekunder elips serta dimensi *ground plane* sebesar 70 × 52 mm.

4.7 Penambahan Stub pada *Ground Plane*

Dalam proses optimasi slot *egg* dan dimensi *ground plane* sebelumnya, selain nilai *bandwidth* yang menyempit, ternyata nilai *gain* pada frekuensi 2400 MHz yang didapat juga sangat rendah. Hal ini tentu akan mempengaruhi kemampuan antena yang akan diaplikasikan sebagai antena UWB-RFID *tag* yang bekerja pada frekuensi 2400 MHz. Berikut ini adalah nilai *gain* pada antena 50 dengan *bandwidth* 613 MHz. Pada tabel 4.5 diketahui bahwa nilai *gain* pada frekuensi 2400 MHz hanya sebesar -22,43 dBi.



Gambar 4.4 Grafik *Return Loss* antena 50 terhadap frekuensi
(Setelah optimasi slot egg dan dimensi *ground plane*). Sumber: Simulasi



Gambar 4.5 Grafik nilai *gain* antena 50 terhadap frekuensi (Setelah optimasi slot egg dan *ground plane*)
Sumber: Simulasi

Tabel 4.5 Nilai *gain* Antena 50 (setelah optimasi slot egg dan dimensi *ground plane*)

Frekuensi (MHz)	Gain (dBi)
1700	-22,79
1800	-22,33
1900	-21,98
2000	-21,87
2100	-21,95
2200	-22,12
2300	-22,31
2400	-22,43
2500	-22,40
2600	-22,17
2700	-21,72

Sumber : hasil simulasi

Penambahan stub dimaksudkan untuk meningkatkan *bandwidth* (Khan, 2013).

Dengan adanya stub yang diletakkan pada *ground plane* diharapkan dapat

mengoptimalkan kinerja antena dengan ukuran antena yang kecil. Selain itu diharapkan dengan adanya stub, nilai *gain* pada frekuensi 2400 MHz dapat meningkat.

4.7.1 Variasi Stub

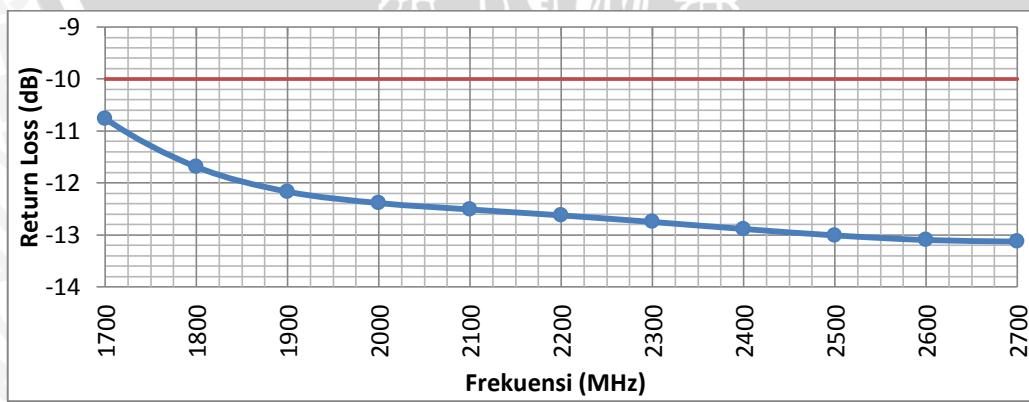
Optimasi berikutnya adalah optimasi stub pada *ground plane* yang mencakup variasi dimensi serta letak stub terhadap slot *egg*. Pada optimasi ini, parameter yang diperhatikan adalah *bandwidth* adalah *gain*. Stub berukuran Pada awalnya, mencari kebutuhan stub dengan membandingkan performansi antena saat diberi stub dengan jumlah tertentu seperti dalam tabel 4.5. dengan dimensi stub yang digunakan sebesar 14,5 mm untuk panjangnya dan lebar 6 mm.

Tabel 4.6 Optimasi kebutuhan stub pada *ground plane*

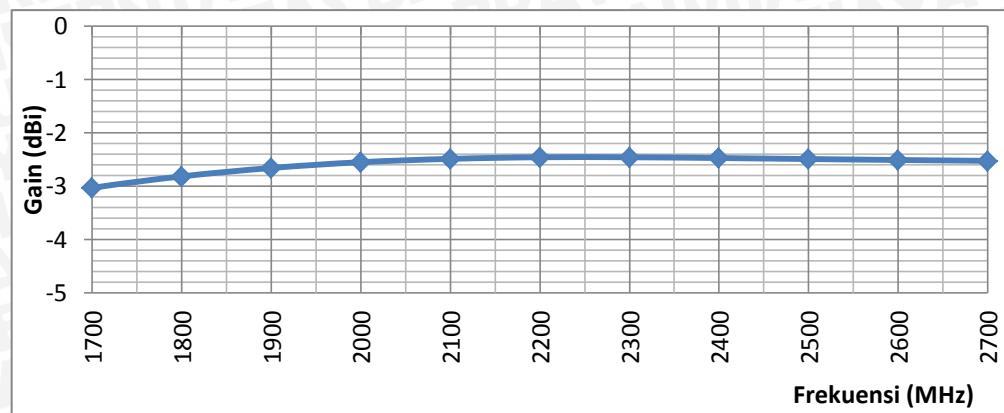
Antena	<i>banyak stub</i>	<i>Bandwidth (MHz)</i>	<i>Gain (dBi) pada frekuensi 2400 MHz</i>
55	1	1000	-2,47
56	2	-	-22,52
57	3	-	-25,43
58	4	-	-8,3

Sumber: Simulasi

Dari tabel 4.6 di atas terbukti bahwa stub yang dibutuhkan pada *ground plane* adalah sebanyak satu buah. Dengan adanya stub, *bandwidth* antena bertambah dari yang sebelumnya hanya sebesar 613 MHz (gambar 4.4) pada ukuran *ground plane* yang sama menjadi 1000 MHz dengan rentang frekuensi antara 1700 – 2700 MHz serta *gain* pada frekuensi 2400 MHz sebesar -2,47.



Gambar 4.6 Grafik *Return Loss* antena 55 terhadap frekuensi (Setelah optimasi slot *egg* dan dimensi *ground plane*). Sumber: Simulasi



Gambar 4.7 Grafik nilai *gain* antena 55 terhadap frekuensi (Setelah ditambahkan stub pada *ground plane*). Sumber: Simulasi

4.7.1.1 Dimensi Stub pada *Ground Plane*

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dimensi stub pada *ground plane* terhadap performansi antena yang telah dirancang, maka dimensi stub divariasikan dengan:

- panjang tetap, lebar berubah
merubah lebar stub yang mulanya 6 mm dengan mengurangi dan menambah lebar stub dengan panjang stub dibuat tetap yaitu 14,5 mm
- lebar tetap, panjang berubah
merubah panjang stub yang mulanya 14,5 mm dengan mengurangi dan menambah panjang stub dengan lebar stub dibuat tetap yaitu 6 mm

Tabel 4.7 Variasi dimensi stub terhadap *bandwidth* dan nilai *gain*

antena	W_s (mm)	L_s (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)	Gain (dBi) pada frekuensi 2400 MHz
55	6	14,5	1000 – 2700	1000	-2,47
59	5	14,5	1708 – 2700	992	-2,55
60	7		1000 – 2700	1000	-2,17
61	6	13,5	1823 – 2700	877	-2,84
62		15,5	1000 – 2700	1000	-2,29

Sumber: Simulasi

Berdasarkan tabel 4.7, diketahui bahwa *gain* pada antena 60 mengalami peningkatan menjadi -2,17 dBi dengan *bandwidth* sebesar 1000 MHz.

4.7.1.2 Letak Stub pada *Ground Plane*

Setelah dilakukan optimasi dengan variasi dimensi stub, variasi selanjutnya dilakukan dengan merubah letak stub terhadap *ground plane*. Nilai P positif menunjukkan bahwa stub digeser ke atas dan nilai negatif menunjukkan bahwa stub digeser ke arah bawah. Penempatan stub awal pada *ground plane* terletak pada jarak 23 mm terhadap bidang vertikal antena.

Tabel 4.8 Variasi letak stub terhadap nilai *bandwidth* dan *gain*

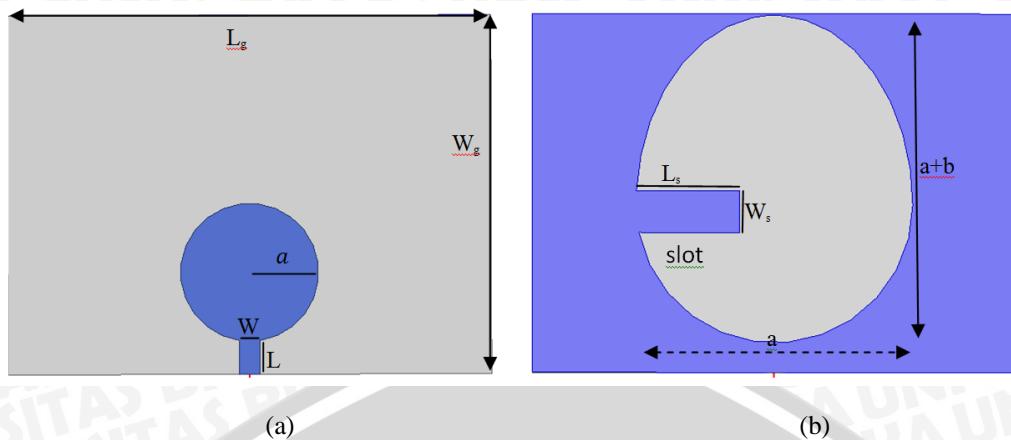
antena	P (mm)	Rentang frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)	Gain (dBi) pada frekuensi 2400 MHz
55	0	1700 – 2700	1000	-2,47
63	1	1713 – 2700	990	-2,80
64	2	1777 – 2700	923	-3,42
65	-1	1700 – 2700	1000	-2,07
66	-2	1700 – 2700	1000	-2,15

Sumber: Simulasi

Berdasarkan tabel 4.8 yang menampilkan hasil simulasi dari variasi letak stub didapatkan bahwa antena 65 memiliki konfigurasi terbaik dengan *bandwidth* sebesar 1000 MHz yang memenuhi persyaratan perancangan antena yaitu pada frekuensi sebesar 1700 – 2700 MHz dan *gain* pada 2400 MHz sebesar -2,07 dBi. Hal ini berarti antena memiliki rentang frekuensi kerja sesuai dengan perencanaan antena selain itu, *gain* pada frekuensi 2400 MHz memiliki nilai tertinggi sebesar -2,07 dBi.

Setelah dilakukan optimasi, antena 65 ditunjukkan dalam gambar 4.2 yang merupakan konfigurasi terbaik antena dengan rincian dimensinya yang terdapat dalam tabel 4.9





Gambar 4.8 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*.

(a) tampak depan; (b) tampak belakang. Sumber: Perancangan

Tabel 4.9 Tabel Dimensi Antena 65

Variabel	Keterangan	Dimensi (mm)
a	Dimensi radius <i>circular patch</i>	10 mm
L	Panjang saluran transmisi	5 mm
W	Lebar saluran transmisi	3,217 mm
L_g	Panjang <i>ground plane</i>	70 mm
W_g	Lebar <i>ground plane</i>	52 mm
a	Diameter setengah lingkaran	40 mm
b	Setengah diameter sekunder	27,5 mm

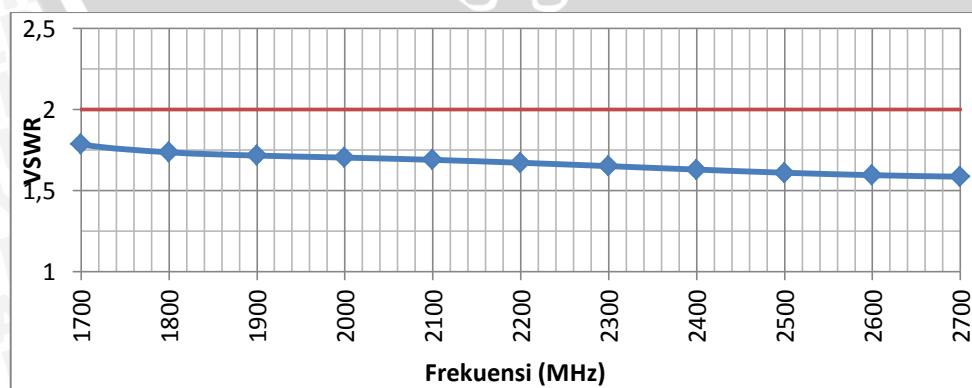
Sumber: Simulasi

Dengan dimensi tersebut, antena kembali disimulasikan sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Bandwidth (VSWR dan *Return Loss*)

- VSWR

Berikut ini adalah besar *bandwidth* dari nilai VSWR



Gambar 4.9 Grafik VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane* terhadap frekuensi.

Sumber: Simulasi

Tabel 4.10 Nilai VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg dan stub pada *ground plane*

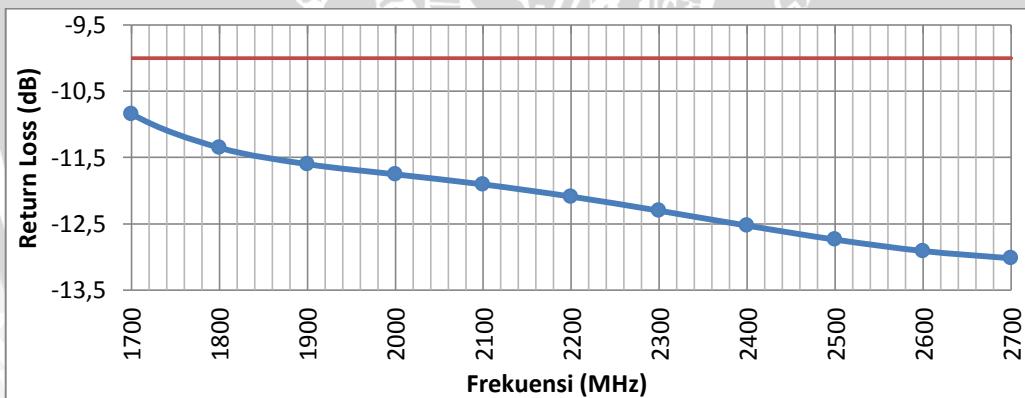
Frekuensi (MHz)	VSWR
1700	1,78
1800	1,74
1900	1,72
2000	1,70
2100	1,69
2200	1,67
2300	1,65
2400	1,63
2500	1,61
2600	1,60
2700	1,59

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi VSWR antena konfigurasi 65 terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena konfigurasi 65 memenuhi perencanaan antena dengan $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ dengan frekuensi 1700 – 2700 MHz.

- ***Return Loss***

Berikut ini adalah *bandwidth* dari *Return loss*

Gambar 4.10 Grafik *return loss* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg dan stub pada *ground plane* terhadap frekuensi.

Sumber: Simulasi



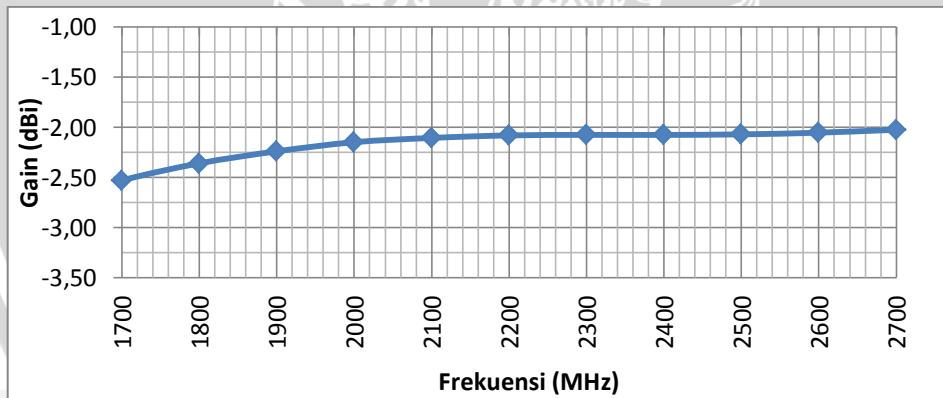
Tabel 4.11 Nilai *return loss* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg dan stub pada *ground plane*

Frekuensi (MHz)	Return Loss (dB)
1700	-10,84
1800	-11,35
1900	-11,60
2000	-11,75
2100	-11,91
2200	-12,09
2300	-12,30
2400	-12,53
2500	-12,74
2600	-12,91
2700	-13,02

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi antena 65 terhadap parameter *return loss* menunjukkan bahwa antena konfigurasi 65 memiliki nilai return loss dibawah -10 dB pada rentang frekuensi 1700 – 2700 MHz.

b. Gain



Gambar 4.11 Grafik gain Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg dan stub pada *ground plane* terhadap frekuensi.

Sumber: Simulasi

Tabel 4.12 Nilai *Gain* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg dan stub pada *ground plane*

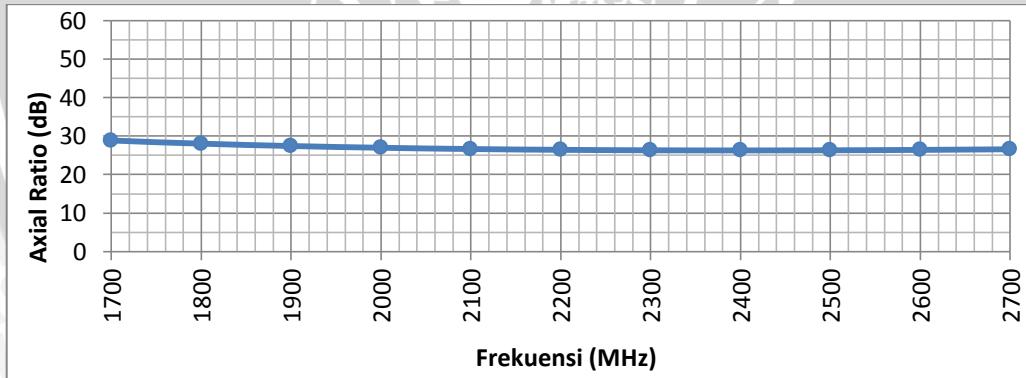
Frekuensi (MHz)	Gain (dBi)
1700	-2,53
1800	-2,36
1900	-2,24
2000	-2,15
2100	-2,10
2200	-2,08
2300	-2,07
2400	-2,07
2500	-2,07
2600	-2,05
2700	-2,02

Sumber: simulasi

Hasil simulasi *gain* pada antena 65 menunjukkan pada frekuensi 2400 MHz, nilai *gain* antena mencapai -2,07 dBi pada frekuensi 2400 MHz.

c. Polarisasi

Antena akan diaplikasikan pada frekuensi 2400 MHz, maka polarisasi antena didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut



Gambar 4.12 Grafik Axial Ratio Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg dan stub pada *ground plane* terhadap frekuensi.

Sumber: Simulasi



Tabel 4.13 Nilai Axial Ratio Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg dan stub pada *ground plane*

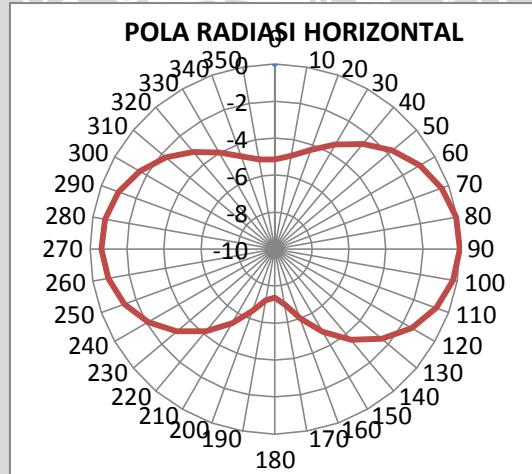
Frekuensi (MHz)	Axial Ratio (dB)
1700	28,86
1800	28,04
1900	27,42
2000	26,97
2100	26,64
2200	26,43
2300	26,31
2400	26,28
2500	26,31
2600	26,42
2700	26,58

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi polarisasi antena 65 menunjukkan nilai *axial ratio* pada frekunsi 2400 MHz sebesar 26,28 dB dengan polarisasinya berupa elips.

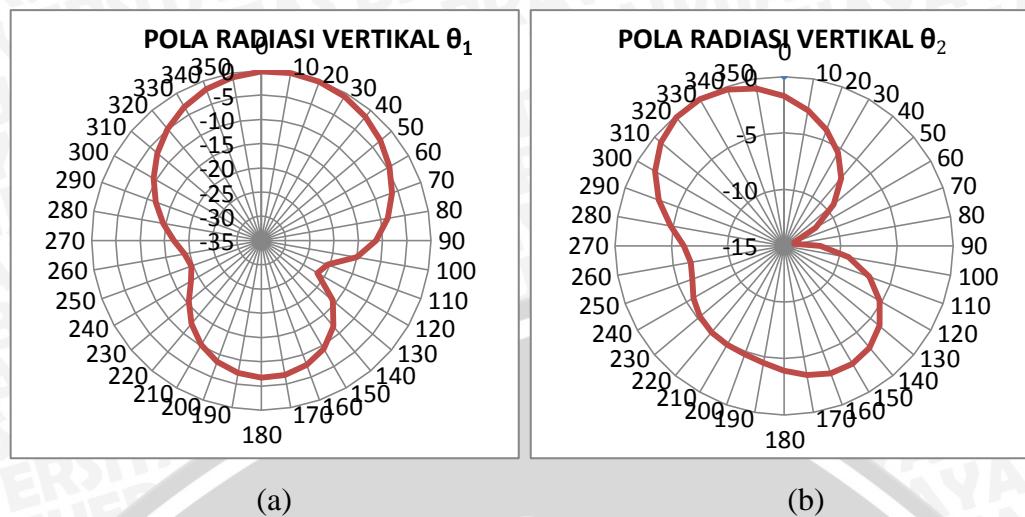
d. Pola radiasi

Karena antena akan diaplikasikan pada frekunsi 2400 MHz, maka jenis pola radiasi antena didefinisikan pada frekunsi 2400 MHz



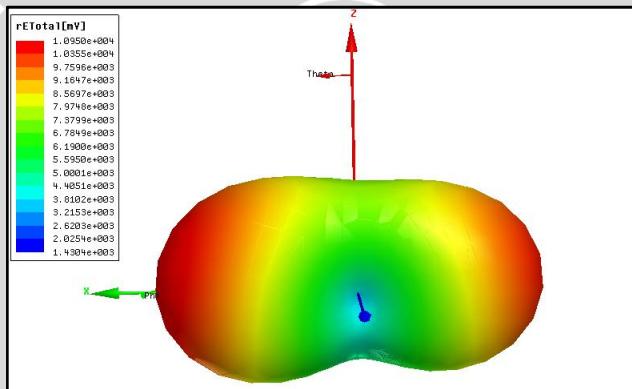
Gambar 4.13 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg dan stub pada *ground plane*.

Sumber: simulasi



Gambar 4.14 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*

(a) Pola Radiasi Vertikal θ_1 , (b) Pola Radiasi Vertikal θ_2 . Sumber: simulasi



Gambar 4.15 Gambar 3D Pola Radiasi Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*.

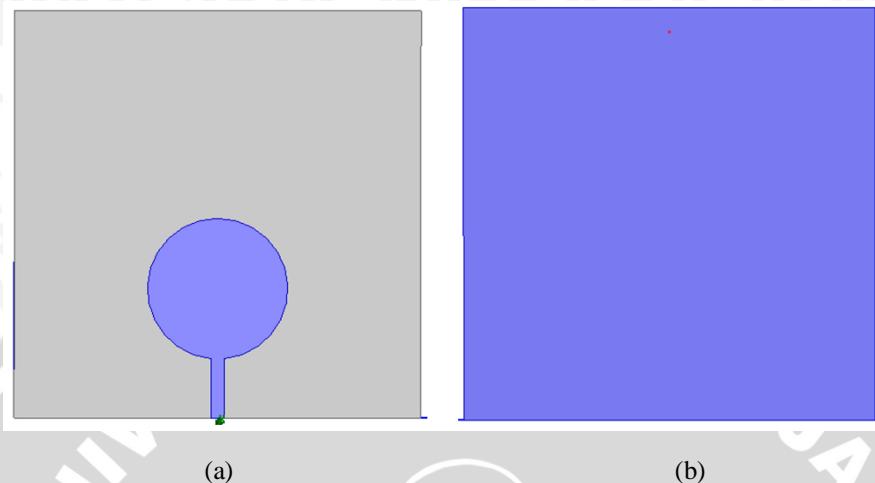
Sumber: simulasi

Hasil simulasi antena 65 terhadap pola radiasinya menunjukkan bahwa antena memiliki pola radiasi *bidirectional* dengan arah pancar radiasi maksimum pada dua arah.



4.8 Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot *Egg* dan Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot *Egg* Tanpa Penambahan Stub Pada *Ground Plane*.

4.8.1 Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot *Egg*



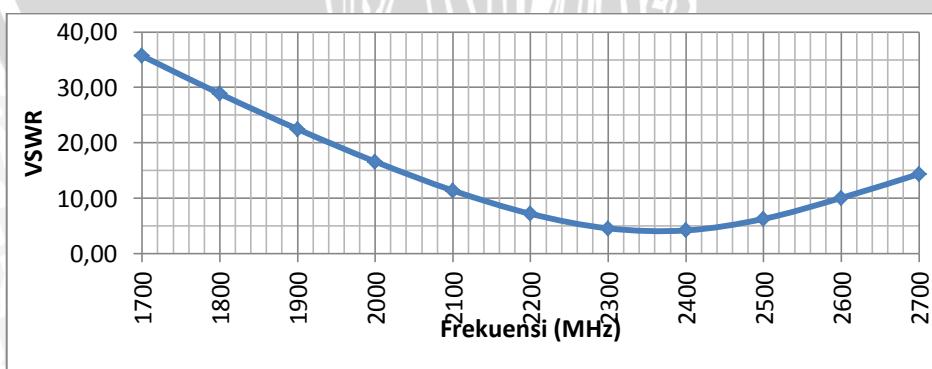
Gambar 4.16 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*
 (a) tampak depan; (b) tampak belakang
 Sumber: Perancangan

Gambar 4.6 merupakan geometri antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* dengan dimensi yang sama dengan dimensi hasil perhitungan dan optimasi antena *circular patch*. Berikut ini merupakan hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*:

a. Bandwidth (VSWR dan Return Loss)

- **VSWR**

Berikut ini adalah besar *bandwidth* dari nilai VSWR



Gambar 4.17 Grafik VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* terhadap frekuensi
 Sumber: Simulasi

Tabel 4.14 Nilai VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot egg

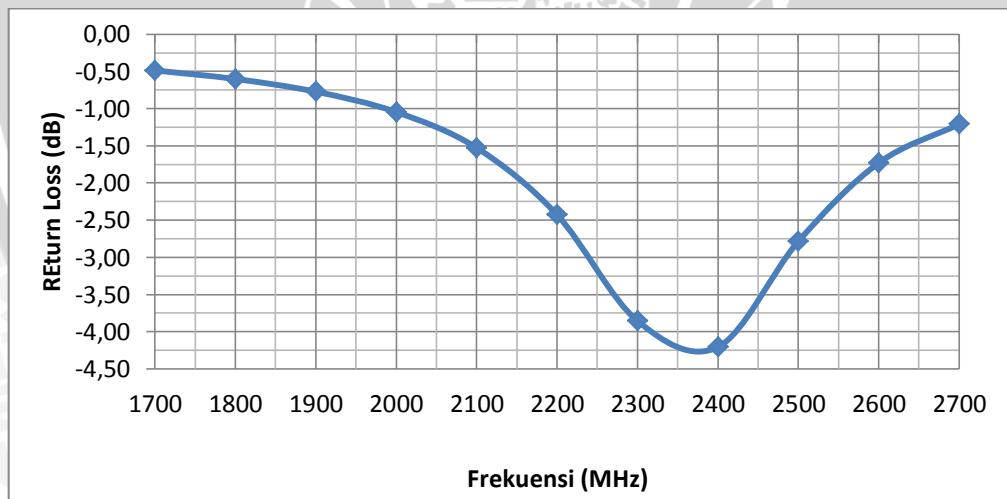
Frekuensi (MHz)	VSWR
1700	35,69
1800	28,86
1900	22,49
2000	16,62
2100	11,40
2200	7,20
2300	4,58
2400	4,21
2500	6,29
2600	10,07
2700	13,02

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi nilai VSWR antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot egg terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena belum memenuhi parameter antena yang baik karena nilai VSWR lebih dari 2 dengan frekuensi 1700 – 2700 MHz.

- ***Return Loss***

Berikut ini adalah *bandwidth* dari *Return loss*



Gambar 4.18 Grafik *Return Loss* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot egg terhadap frekuensi
Sumber: Simulasi

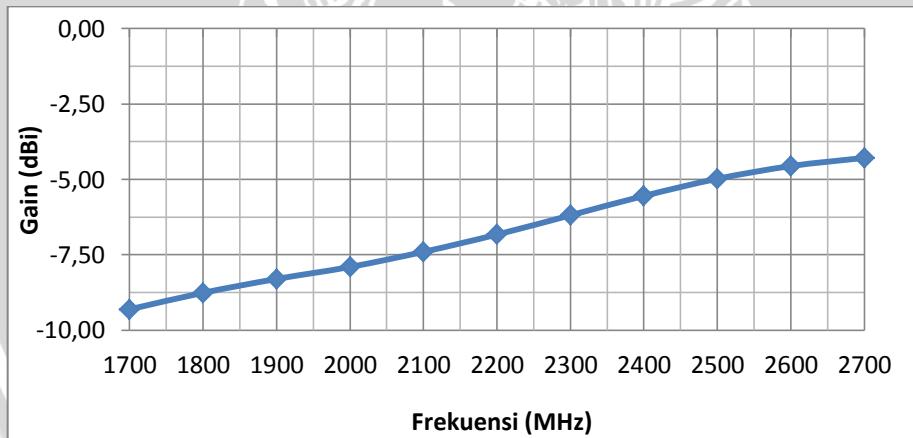
Tabel 4.15 Nilai *Return loss* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot egg

Frekuensi (MHz)	Return Loss (dB)
1700	-0,49
1800	-0,60
1900	-0,77
2000	-1,05
2100	-1,53
2200	-2,43
2300	-3,85
2400	-4,21
2500	-2,79
2600	-1,73
2700	-1,21

Sumber: simulasi

Hasil simulasi *return loss* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot egg terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena belum memenuhi parameter antena yang baik karena nilai *return loss* lebih dari -10 dB pada frekuensi 1700 – 2700 MHz.

b. Gain

Gambar 4.19 Grafik gain Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot egg terhadap frekuensi
Sumber: Simulasi

Tabel 4.16 Nilai *gain* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot egg

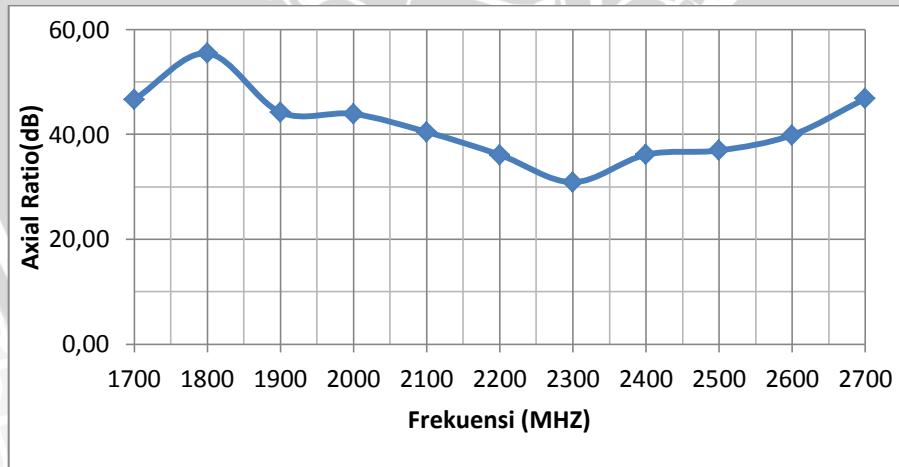
Frekuensi (MHz)	Gain (dBi)
1700	-9,31
1800	-8,76
1900	-8,30
2000	-7,90
2100	-7,40
2200	-6,83
2300	-6,19
2400	-5,55
2500	-4,98
2600	-4,56
2700	-4,29

Sumber: simulasi

Hasil simulasi *gain* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot egg terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa nilai *gain* antena pada frekuensi 2400 MHz sebesar -5,55 dBi.

c. Polarisasi

Hasil simulasi *axial ratio* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot egg yang didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut



Gambar 4.20 Grafik *Axial Ratio* Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot egg terhadap frekuensi
Sumber: Simulasi

Tabel 4.17 Nilai Axial Ratio Antena Mikrostrip *circular patch* tanpa Slot egg

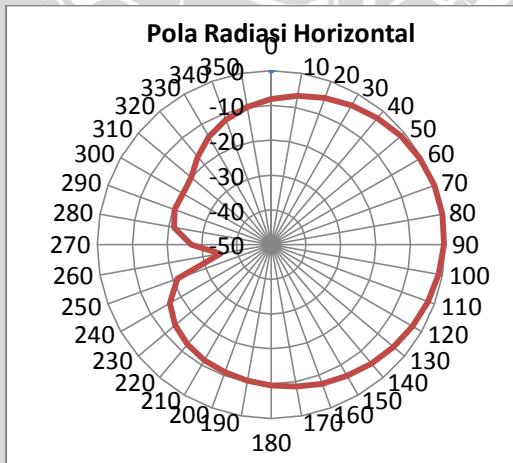
Frekuensi (MHz)	Axial Ratio (dB)
1700	46,61
1800	55,44
1900	44,22
2000	43,89
2100	40,46
2200	36,10
2300	30,87
2400	36,12
2500	36,93
2600	39,87
2700	46,82

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi polarisasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot egg menunjukkan nilai *axial ratio* pada frekunsi 2400 MHz sebesar 36,12 dB dengan polarisasinya berupa elips.

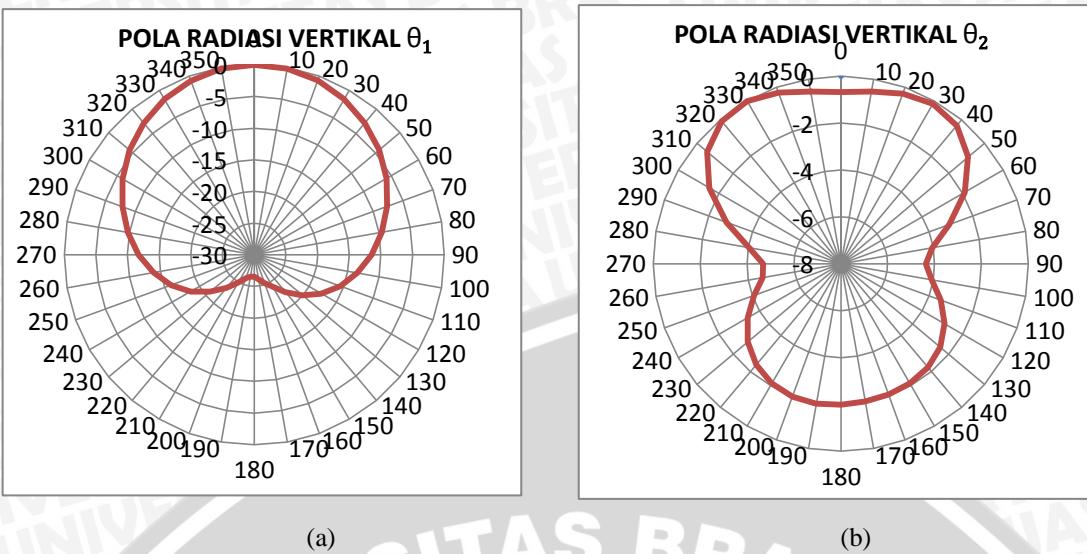
d. Pola radiasi

Hasil simulasi pola radiasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot egg yang didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut

Gambar 4.21 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot egg

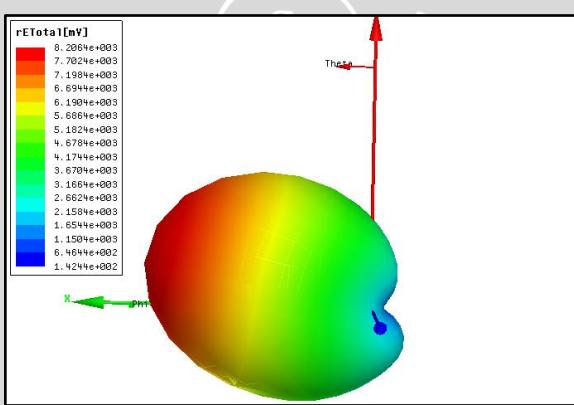
Sumber: simulasi





Gambar 4.22 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot
egg

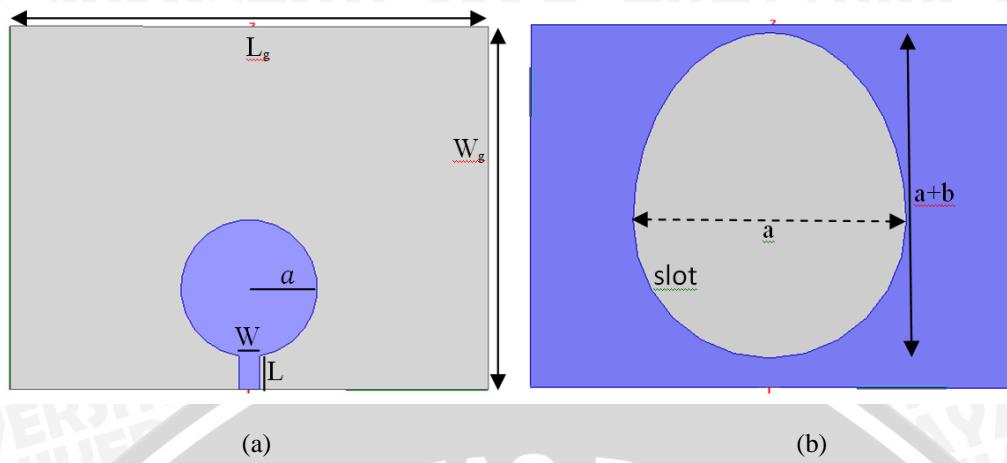
(a) Pola Radiasi Vertikal θ_1 , (b) Pola Radiasi Vertikal θ_2 . Sumber: simulasi



Gambar 4.23 Gambar 3D Pola Radiasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot egg
Sumber: simulasi

Hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* terhadap pola radiasinya menunjukkan bahwa antena memiliki pola radiasi *directional* dengan arah pancar radiasi maksimum satu arah.

4.8.2 Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg Tanpa Stub



Gambar 4.24 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *circular patch* dengan slot egg (sebelum Optimasi).
 (a) tampak depan; (b) tampak belakang.

Sumber: Perancangan

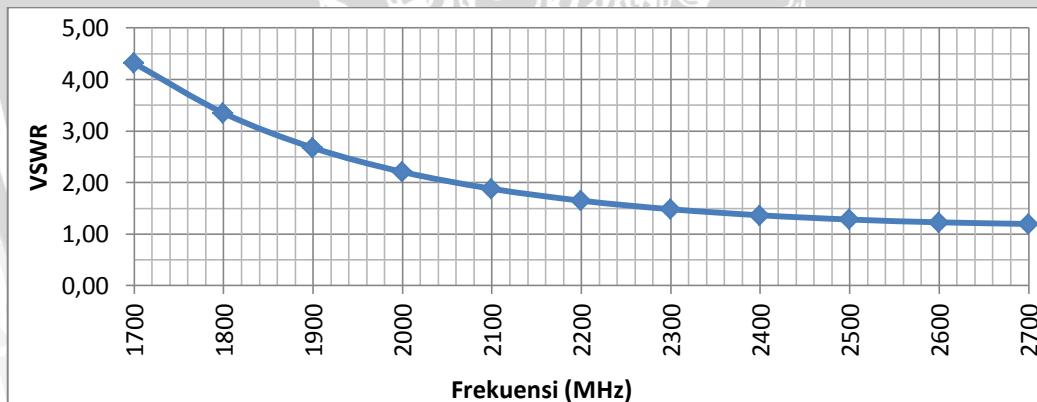
Gambar 4.10 merupakan geometri antena mikrostrip *circular patch* dengan slot egg.

Berikut ini merupakan hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot egg:

a. Bandwidth (VSWR dan *Return Loss*)

- **VSWR**

Berikut ini adalah besar *bandwidth* dari nilai VSWR



Gambar 4.25 Grafik VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* dengan slot egg terhadap frekuensi
 Sumber: Simulasi

Tabel 4.18 Nilai VSWR Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg

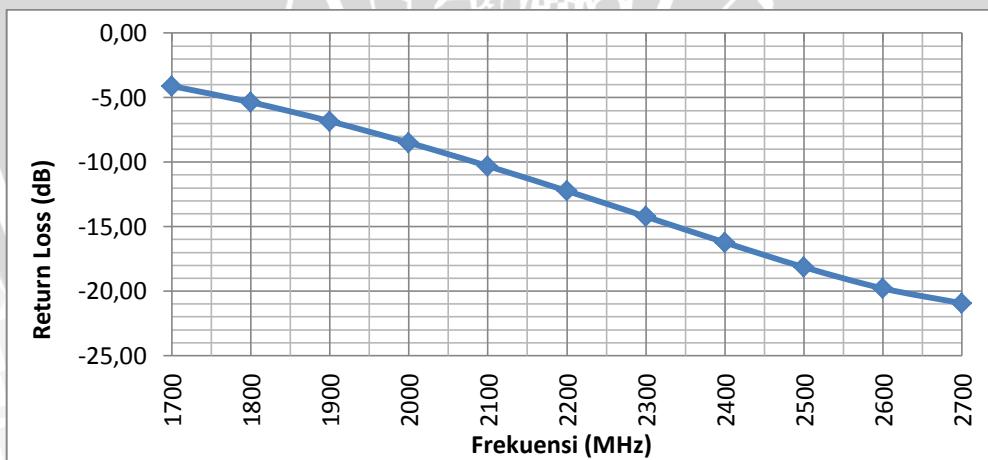
Frekuensi (MHz)	VSWR
1700	4,31
1800	3,35
1900	2,67
2000	2,21
2100	1,88
2200	1,65
2300	1,48
2400	1,37
2500	1,28
2600	1,23
2700	1,20

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi nilai VSWR antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena belum memenuhi parameter antena yang direncanakan karena nilai VSWR dengan $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ terdapat pada rentang frekuensi 2087 – 2700 MHz dengan *bandwidth* sebesar 613 MHz.

- ***Return Loss***

Berikut ini adalah *bandwidth* dari *Return loss*

Grafik 4.1 Grafik *Return Loss* Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* terhadap frekuensi.
Sumber: Simulasi

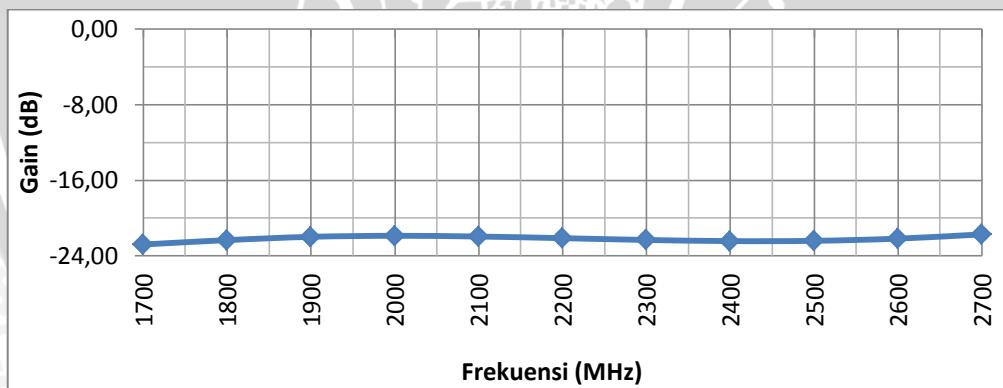
Tabel 4.19 nilai *Return Loss* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg

Frekuensi (MHz)	Return Loss (dB)
1700	-4,10
1800	-5,35
1900	-6,83
2000	-8,49
2100	-10,31
2200	-12,23
2300	-14,23
2400	-16,23
2500	-18,14
2600	-19,79
2700	-20,94

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi *return loss* antena mikrostrip *circular patch* dengan slot egg terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa antena belum memenuhi parameter antena yang direncanakan karena nilai *return loss* ≤ -10 dB pada frekuensi 2087 – 2700 MHz dengan *bandwidth* sebesar 613 MHz.

b. Gain

Gambar 4.26 Grafik gain antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg terhadap frekuensi
Sumber: Simulasi

Tabel 4.20 Nilai *Gain* Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg

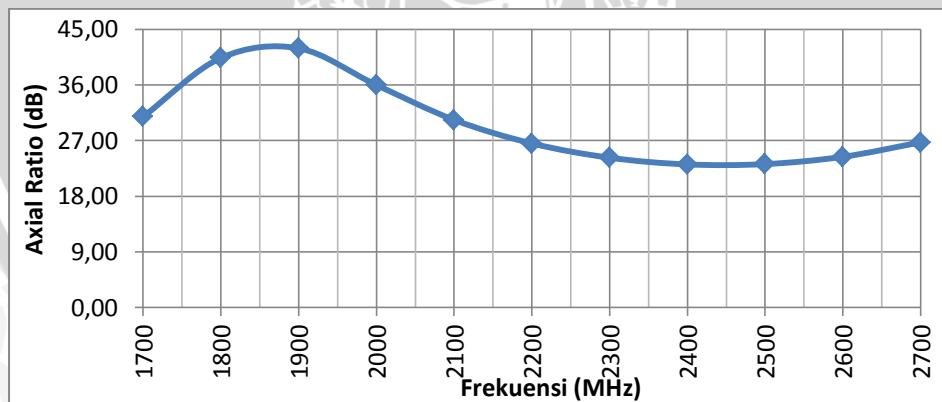
Frekuensi (MHz)	Gain (dBi)
1700	-22,79
1800	-22,33
1900	-21,98
2000	-21,87
2100	-21,95
2200	-22,12
2300	-22,31
2400	-22,43
2500	-22,40
2600	-22,17
2700	-21,72

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi *gain* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* terhadap frekuensi antena, menunjukkan bahwa nilai *gain* antena pada frekuensi 2400 MHz sebesar -22,43 dBi.

c. Polarisasi

Hasil simulasi *axial ratio* antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* yang didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut

Grafik 4.2 Grafik *Axial Ratio* antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* terhadap frekuensi
Sumber: Simulasi

Tabel 4.21 Nilai Axial Ratio Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot egg

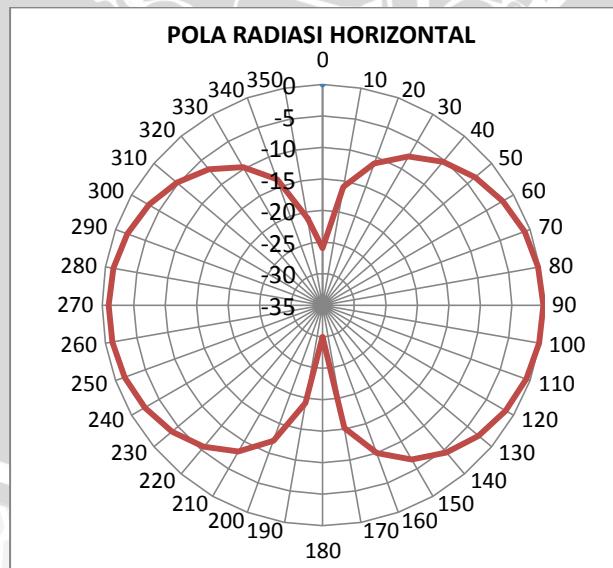
Frekuensi (MHz)	Axial Ratio (dB)
1700	30,88
1800	40,37
1900	41,93
2000	36,00
2100	30,35
2200	26,55
2300	24,24
2400	23,15
2500	23,20
2600	24,38
2700	26,72

Sumber: Simulasi

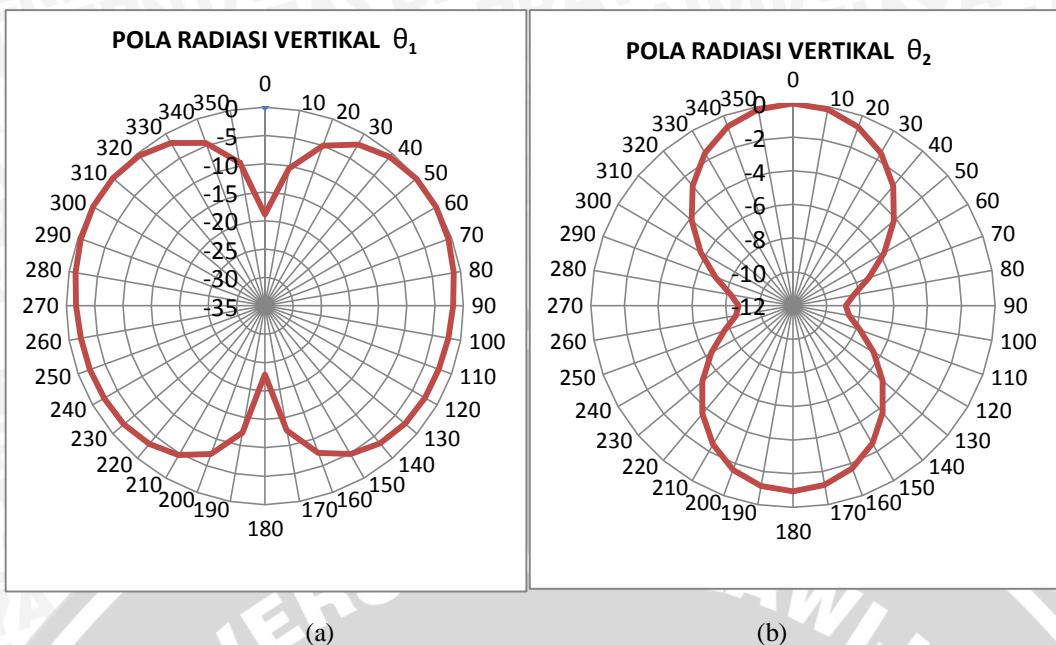
Hasil simulasi polarisasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot egg menunjukkan nilai *axial ratio* pada frekuensi 2400 MHz sebesar 23,15 dB dengan polarisasinya berupa elips.

d. Pola radiasi

Hasil simulasi pola radiasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot egg yang didefinisikan pada frekuensi 2400 MHz adalah sebagai berikut

Gambar 4.27 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan slot egg .

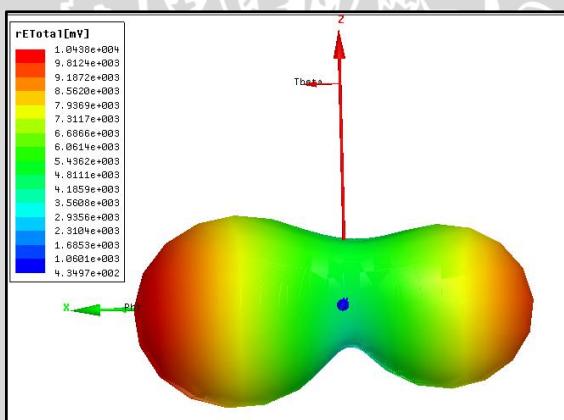
Sumber: simulasi



Gambar 4.28 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan slot *egg*.

(a) Pola Radiasi Vertikal θ_1 , (b) Pola Radiasi Vertikal θ_2

Sumber: simulasi



Gambar 4.29 Gambar 3D Pola Radiasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan slot *egg*

Sumber: simulasi

Hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* terhadap pola radiasinya menunjukkan bahwa antena memiliki pola radiasi *bidirectional* dengan arah pancar radiasi maksimum pada dua arah



4.9 Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* tanpa slot Egg, Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg dan Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan slot Egg serta penambahan stub pada *ground plane* menggunakan Program Ansoft HFSS v.13

Bagian ini akan membahas perbandingan hasil simulasi performansi parameter antena pada antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot egg, setelah diberi slot egg dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane* yang terdapat pada tabel sebagai berikut:



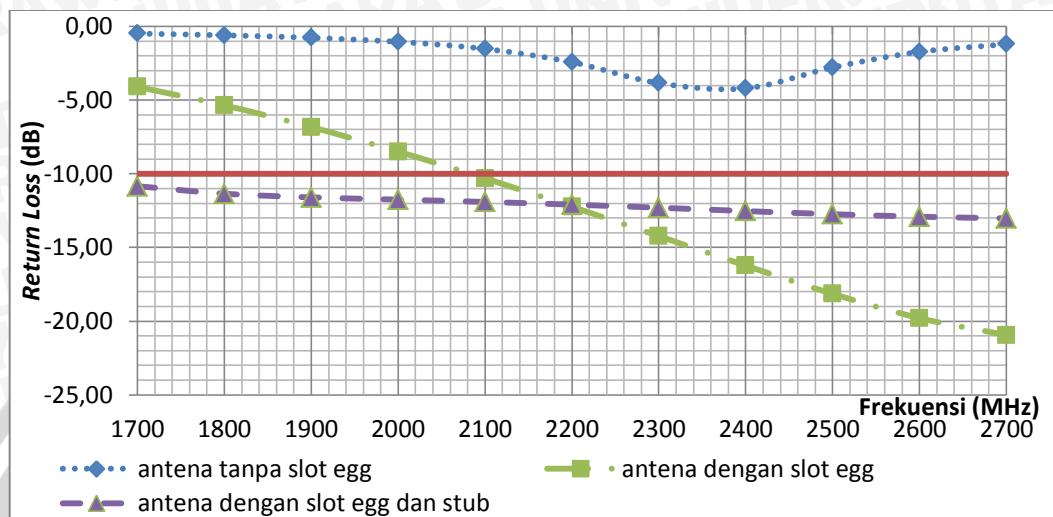
Tabel 4.22 Tabulasi Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* Tanpa Slot Egg , dengan Slot Egg dan Setelah Diberi Penambahan Stub Pada *Ground Plane*

Keterangan antena	<i>Bandwidth</i>			<i>Gain</i> pada Frekuensi 2400 MHz(dBi)	<i>Polarisasi</i>		<i>Jenis Pola Radiasi</i>
	Rentang Frekuensi (MHz)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Bandwidth</i> Fraksional		<i>Axial Ratio</i> pada Frekuensi 2400 MHz	Jenis Polarisasi	
Antena <i>Circular patch</i> tanpa slot egg	-	-	-	-5,55	36,12	Elips	<i>directional</i>
Antena <i>Circular patch</i> dengan slot egg	2087 – 2700	613	0,25	-22,43	23,15	Elips	<i>Bidirectional</i>
Antena <i>Circular patch</i> dengan slot egg dan penambahan stub pada <i>ground plane</i>	1000 – 2700	1000	0,45	-2,07	26,28	Elips	<i>Bidirectional</i>

Pada *range* simulasi 1700 – 2700 MHz, perbandingan performansi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*, dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane* terhadap parameter antena adalah sebagai berikut:

a. Bandwidth

Untuk perbandingan *bandwidth* pada ketiga antena tersebut dilihat dari nilai *return loss* nya.

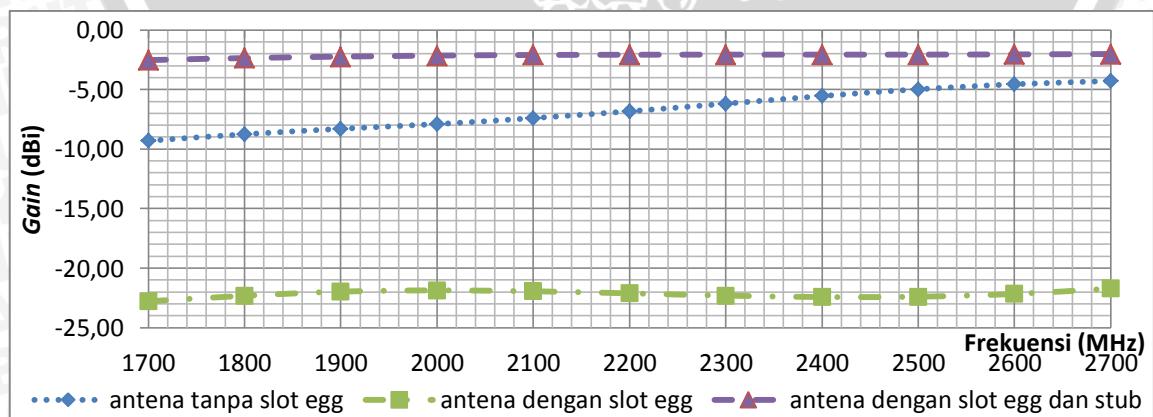


Gambar 4.30 Grafik Perbandingan *Bandwidth* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*, dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub.

Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan gambar 4.30 terlihat bahwa hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* memiliki *return loss* di atas -10dB. Sedangkan dari ketiga antena tersebut, untuk antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan penambahan stub pada *ground plane* memiliki *bandwidth* terbesar yaitu sebesar 1000 MHz.

b. Gain



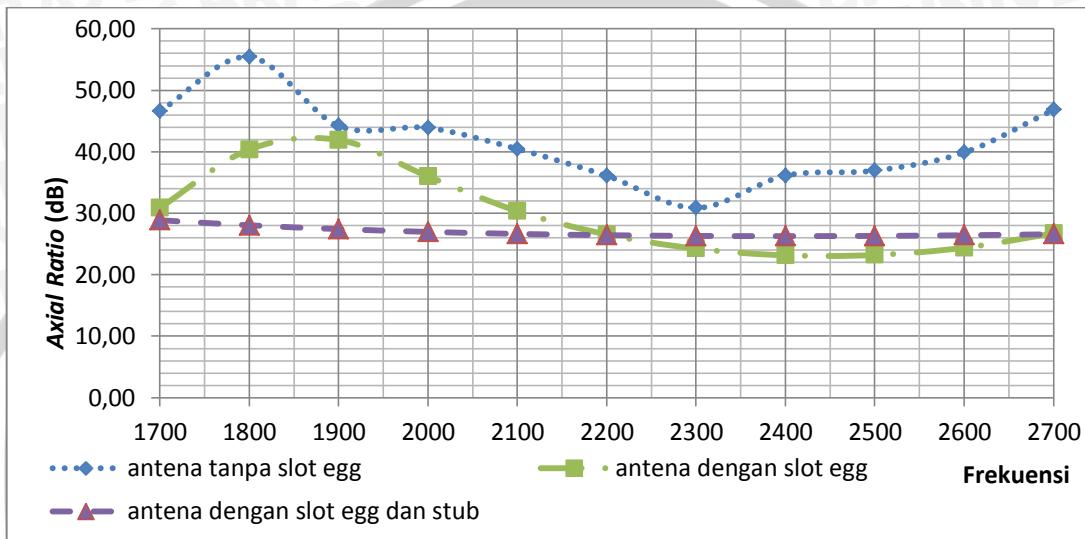
Gambar 4. 31 Grafik perbandingan *Gain* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*, dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub.

Sumber : Analisis Data Simulasi



Berdasarkan gambar 4.31 terlihat bahwa hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot memiliki *gain* yang bernilai negatif. Saat ditambahkan slot *egg* pada bagian *ground plane*, *gain* antena semakin menurun dengan nilai *gain* pada frekuensi 2400 MHz sebesar -22,43 dBi. Penambahan stub pada *ground plane* mengakibatkan nilai *gain* semakin bertambah menjadi -2,07 dBi.

c. Polarisasi



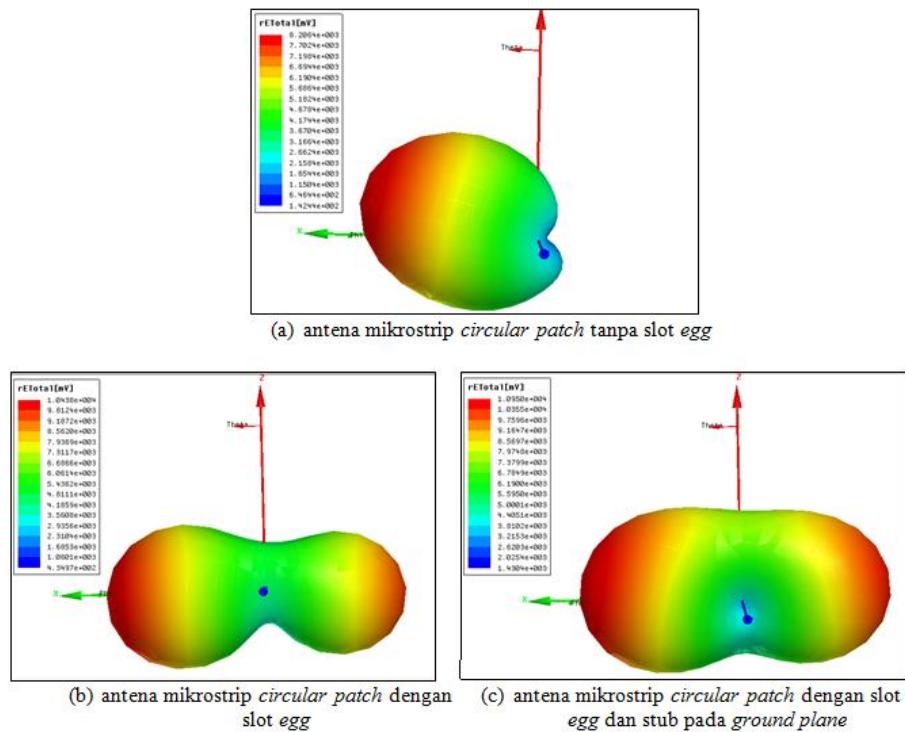
Gambar 4.32 Grafik perbandingan *Axial Ratio* antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* , dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub.

Sumber : Analisis Data Simulasi

Nilai *axial ratio* pada frekuensi 2400 MHz dalam gambar 4.32 pada ketiga kondisi antena yang berubah tidak berpengaruh terhadap jenis polarisasi antena, dikarenakan nilai *axial ratio* yang dihasilkan berada pada nilai lebih dari 20 dB dimana nilai tersebut masih menandakan bahwa antena memiliki polarisasi elips.

d. Pola radiasi

Berikut ini adalah pola radiasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* , dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane*.



Gambar 4.33 Pola radiasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot egg, dengan slot egg dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane*

Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan dalam gambar 4.33, pola radiasi antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg* menunjukkan bahwa antena memiliki pola radiasi *directional*, sedangkan pada antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan setelah ditambah stub pada *ground plane*, hasil simulasi menunjukkan bahwa antena menghasilkan pola radiasi *bidirectional*.

Berdasarkan hasil perbandingan dari ketiga kondisi antena yaitu antena mikrostrip *circular patch* tanpa slot *egg*, dengan slot *egg* dan setelah diberi penambahan stub pada *ground plane*, terlihat bahwa performansi antena dengan parameter yang telah memenuhi persyaratan perancangan antena terdapat pada antena mikrostrip dengan slot *egg* setelah ditambahkan stub pada bagian *ground plane*.

BAB V

ANALISIS HASIL SIMULASI DAN PENGUJIAN ANTENA MIKROSTRIP

CIRCULAR PATCH DENGAN SLOT EGG

5.1 Tinjauan Umum

Untuk mengetahui pengaruh slot *egg* pada *ground plane* antena mikrostrip *circular patch*, serta pengaruh penambahan stub terhadap performansi antena mikrostrip, maka dilakukan analisis terhadap parameter-parameter antena hasil simulasi seperti *bandwidth*, *gain*, polarisasi dan pola radiasi yang terjadi pada antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg*.

Dari hasil keseluruhan simulasi konfigurasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan stub, didapatkan kinerja antena terbaik pada antena 64. Setelah dilakukan fabrikasi terhadap antena 64, dilakukan pengukuran dan analisis terhadap parameter-parameter antena hasil pengukuran. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan data-data karakteristik antena yang telah dibuat dan mengetahui pengaruh slot *egg* seta dengan penambahan stub pada *ground plane* terhadap kinerja antena secara aplikatif. Pengukuran yang dilakukan meliputi :

1. Pengukuran *return loss*, perhitungan koefisien pantul dan VSWR.
2. Pengukuran *gain*.
3. Pengukuran polarisasi.
4. Pengukuran pola radiasi.

Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik Telekomunikasi POLITEKNIK Negeri Malang.

5.2 Analisis Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot Egg Menggunakan Program Ansoft HFSS v.13

Bagian ini akan membahas analisis terhadap hasil simulasi pada berbagai konfigurasi antena dengan optimasi *circular patch*, saluran transmisi, dimensi slot *egg* dan *ground plane* serta variasi stub yang ditambahkan pada *ground plane*. Dalam penulisan skripsi ini, antena akan diaplikasikan sebagai antena UWB-RFID tag, di mana dalam perencanaannya, suatu antena dapat dikatakan sebagai antena *ultra wideband* apabila dapat menghasilkan *bandwidth* minimal 500 MHz atau lebih besar dari 0,2 *bandwidth* fraksionalnya seperti pada persamaan (2-1). Hal ini menjadi acuan yang digunakan untuk mengetahui konfigurasi tiap antena yang telah dirancang.



$$BW_{fractional} = 2 \times \left(\frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} \right) \quad (2-1)$$

f_h = frekuensi atas

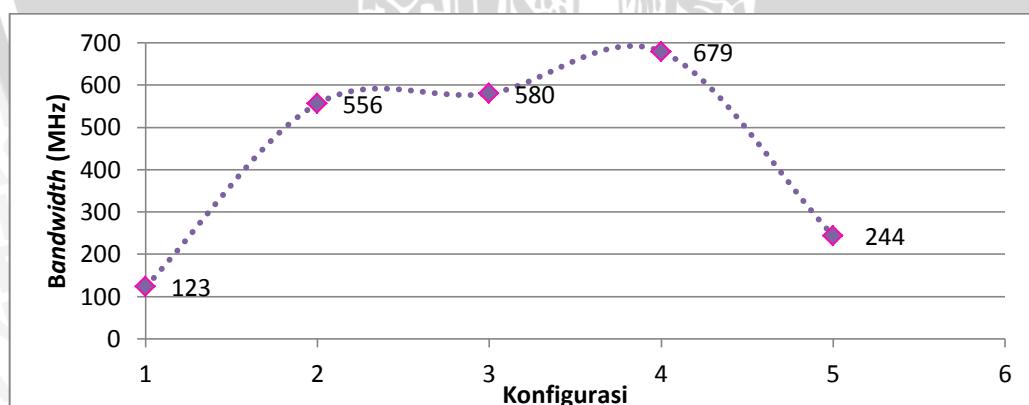
f_l = frekuensi bawah

5.2.1 Analisis Hasil Simulasi Optimasi *Circular Patch* dan Saluran Transmisi Antena Mikrostrip

Optimasi dilakukan karena hasil simulasi yang telah dilakukan terhadap antena mikrostrip *circular patch* berdasarkan perhitungan dasar belum memenuhi kriteria *bandwidth* yang direncanakan pada penulisan skripsi ini. Oleh sebab itu, parameter yang dibahas pada bagian ini adalah *bandwidth* antena. Karena tujuan utama optimasi *circular patch* dan saluran transmisi adalah memperlebar *bandwidth* antena. Dalam analisis ini, dicantumkan juga analisis hasil simulasi terhadap besar *bandwidth* fraksionalnya.

5.2.1.1 Optimasi Dimensi *Circular Patch*

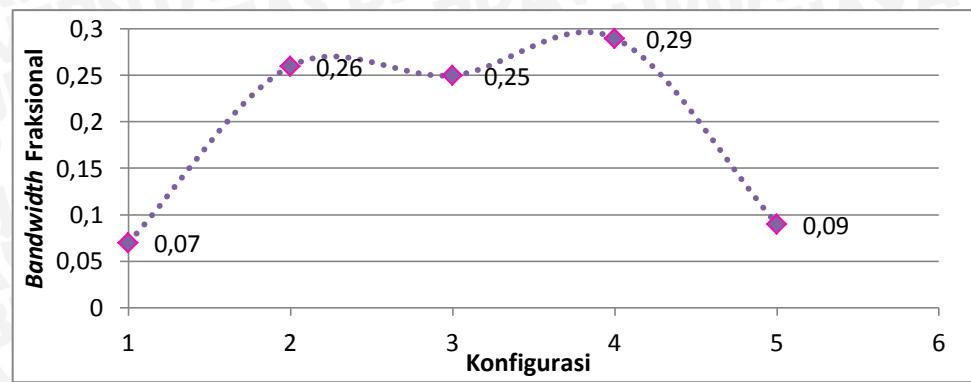
Optimasi pertama yang dilakukan adalah optimasi *circular patch* antena yang telah ditunjukkan dalam tabel 4.1. Berikut ini adalah gambar grafik analisis hasil simulasi pengaruh dimensi *circular patch* terhadap *bandwidth* dan nilai *bandwidth* fraksionalnya.



Gambar 5.1 Grafik hubungan *Bandwidth* dengan Optimasi Dimensi *Circular Patch*

Sumber : Analisis Data Simulasi



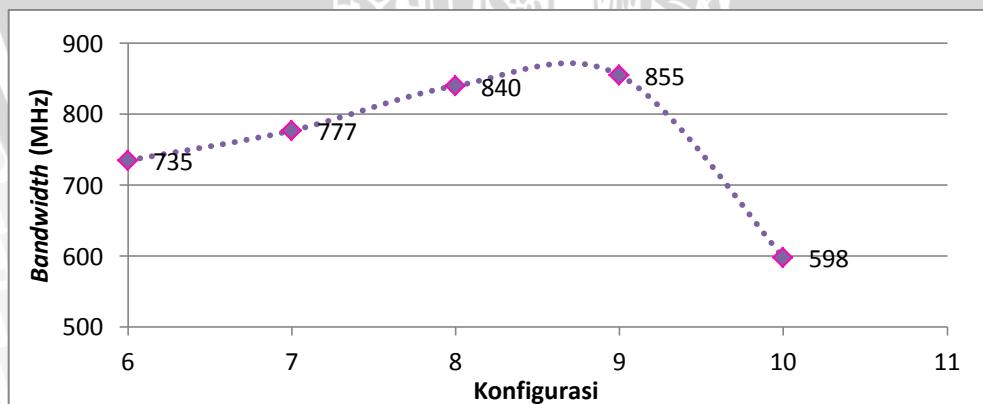


Gambar 5.2 Grafik hubungan *Bandwidth Fraksional* dengan Optimasi Dimensi *Circular Patch*
Sumber : Analisis Simulasi

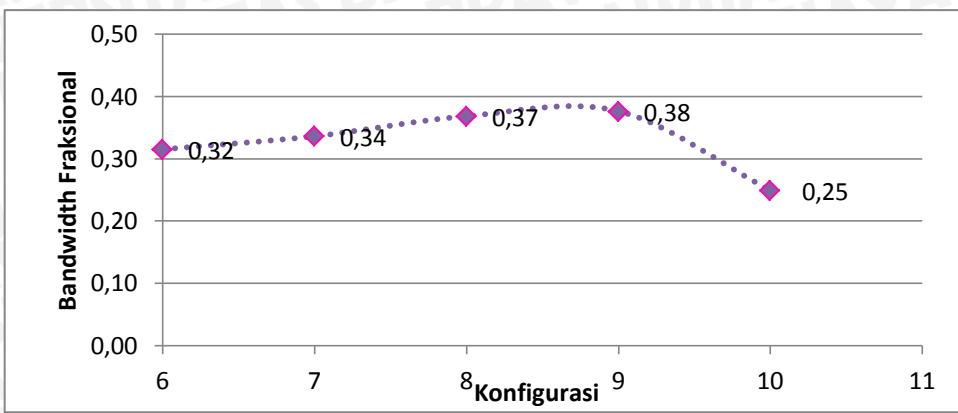
Berdasarkan gambar 5.1, terjadi penyempitan nilai *bandwidth* ketika *circular patch* yang semula (berdasarkan perhitungan) diubah menjadi dimensi tertentu. Pada konfigurasi antena 4 dengan radius *circular patch* sebesar 10 mm, didapatkan *bandwidth* sebesar 679 MHz dengan nilai *bandwidth* fraksional sebesar 0,29 seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.2

5.2.1.2 Optimasi Panjang Saluran Transmisi

Optimasi saluran transmisi didasarkan pada dimensi antena pada konfigurasi 4 dengan hasil optimasi yang telah ditunjukkan pada tabel 4.2. Berikut ini adalah grafik analisis hasil simulasi optimasi panjang saluran terhadap *bandwidth* dan nilai *bandwidth* fraksionalnya



Gambar 5.3 Grafik hubungan *Bandwidth* dengan Optimasi Dimensi Saluran Transmisi
Sumber : Analisis Data Simulasi



Gambar 5.4 Grafik hubungan *Bandwidth* Fraksional dengan Optimasi Dimensi Saluran Transmisi

Sumber : Analisis Data Simulasi

Hasil simulasi pada gambar 5.3 menunjukkan bahwa *bandwidth* meningkat pada dimensi saluran transmisi tertentu hingga mencapai nilai terbesar yaitu 855 MHz dengan *bandwidth* fraksional terbesar yaitu 0,38 yang didapatkan pada antena 09 yaitu antena dengan radius *circular patch* sebesar 10 mm dan panjang saluran transmisi sebesar 5 mm.

5.2.2 Analisis Hasil Simulasi Optimasi Dimensi Slot Egg dan Dimensi Ground Plane Antena Mikrostrip

Optimasi slot *egg* mencakup optimasi besar slot *egg* serta besar dimensi pada *ground plane* telah ditunjukkan dalam tabel 4.4. Namun sebelumnya, dimensi *egg* yang akan diaplikasikan pada slot antena mikrostrip *circular patch* divariasikan mulai dari skala 100% yang merupakan dimensi asli dari antena *egg* yaitu diameter setengah lingkaran (a) sebesar 90 mm dan setengah diameter sekunder (b) sebesar 65 mm hingga skala tertentu hingga didapatkan hasil yang diinginkan. Berikut ini adalah tabel hasil tabulasi pengaruh variasi dimensi slot *egg* pada *ground plane* terhadap parameter antena berdasarkan hasil simulasi.

Tabel 5.1 Tabulasi Hasil Simulasi Pengaruh Dimensi Slot *egg* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*

Skala (%)	a (mm)	b (mm)	Bandwidth			Gain (dBi) pada rekuensi 2400 MHz	Polarisasi		Jenis pola radiasi
			Rentang Frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)	Bandwidth Fraksional		Axial ratio pada frekuensi 2400 MHz	Jenis polarisasi	
100	90	65	1810 – 2700	890	0,39	-25,84	7,76	Elips	<i>omnidirectional</i>
90	81	58,5	1966 – 2700	734	0,31	-25,92	18,04	Elips	<i>omnidirectional</i>
80	76,5	52	1797 - 2700	903	0,40	-25,61	7,01	Elips	<i>omnidirectional</i>
70	63	45,5	1823 – 2700	877	0,38	-23,44	13,43	Elips	<i>omnidirectional</i>
60	54	39	1850 – 2700	850	0,37	-22,96	15,5	Elips	<i>omnidirectional</i>
50	45	32,5	1777 – 2700	923	0,41	-22,84	33,3	Elips	<i>omnidirectional</i>
40	36	26	2496 – 2700	204	0,07	-20,89	20,98	Elips	<i>omnidirectional</i>

Sumber: hasil simulasi

Hasil simulasi diatas, nilai *bandwidth* terbesar terdapat pada dimensi antena dengan skala 50% dari dimensi aslinya yaitu sebesar 923 MHz. Perubahan skala mempengaruhi nilai *bandwidth* dan *gain*, akan tetapi tidak mempengaruhi jenis polarisasi dan pola radiusnya. Oleh karena *bandwidth* terbesar terdapat pada antena dengan skala 50% dari dimensi asli, maka optimasi selanjutnya dilakukan terhadap antena dengan skala tersebut yang ditampilkan dalam tabel 4.4.

Hasil simulasi pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa *bandwidth* terbesar yaitu 613 MHz dan *bandwidth* fraksional terbesar yaitu 0,26 didapatkan pada antena 50 yaitu antena dengan radius *circular patch* sebesar 10 mm dan panjang saluran transmisi sebesar 5 mm dengan diameter setengah lingkaran (a) sebesar 40 mm dan setengah diameter sekunder (b) sebesar 27,5 mm serta dimensi *ground plane* sebesar 70×52 mm.

Optimasi slot *egg* dan penyesuaian dimensi *ground plane* menyebabkan *bandwidth* antena menjadi menyempit dari optimasi sebelumnya yang bernilai 855 MHz dengan rentang frekuensi antara 1845 – 2700 menjadi hanya 613 MHz dengan rentang frekuensi antara 2087 – 2700 MHz. Nilai *gain* yang didapatkan pada antena 50 bernilai negatif yaitu -22,43 dBi pada frekuensi 2400 MHz seperti yang terlihat dalam tabel 4.4.

5.2.3 Analisis Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg dengan Penambahan Stub pada *Ground Plane*

Pada simulasi ini, akan dilihat pengaruh penambahan stub pada *ground plane* terutama *bandwidth* dan *gain*. Menurut hasil simulasi seperti pada tabel 4.5. penambahan stub pada *ground plane* sebanyak satu buah membuat *bandwidth* bertambah dari optimasi sebelumnya yaitu 613 MHz menjadi 1000 MHz dan memenuhi kriteria perancangan antena. Akan tetapi, *gain* pada frekuensi 2400 MHz meningkat menjadi sebesar -2,47 dBi.

5.2.3.1 Analisis Hasil Simulasi Dimensi Stub pada Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg

Dimensi stub berpengaruh terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg*. Perubahan terhadap variabel dimensi slot *egg* beserta analisisnya sebagai berikut

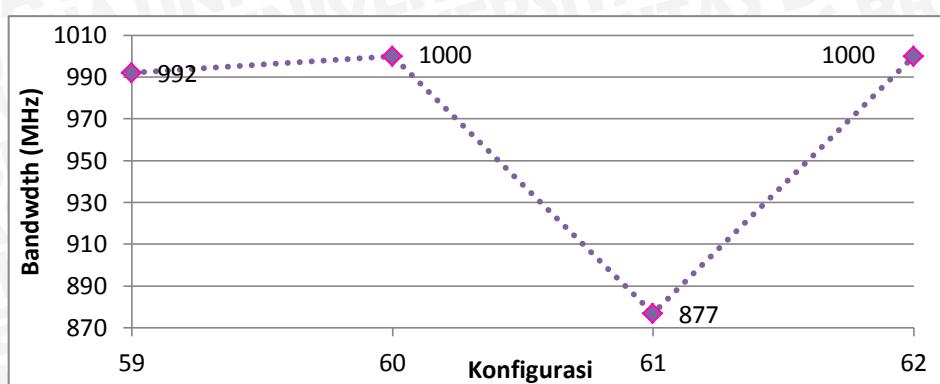


Tabel 5.2 Tabulasi Hasil Simulasi Pengaruh Dimensi Stub Terhadap Performansi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg

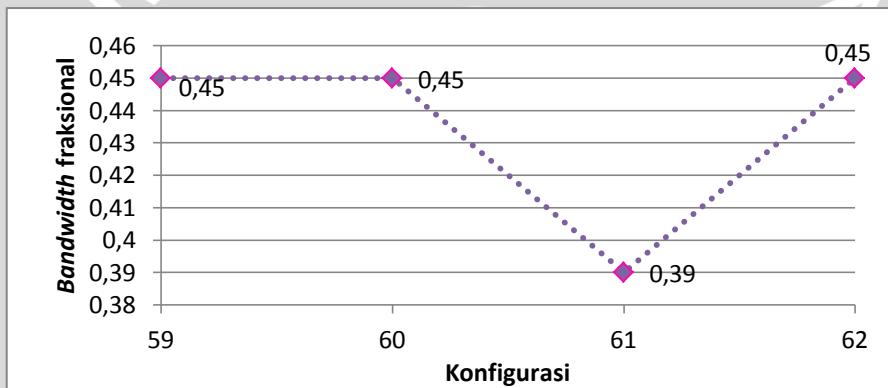
antena	W_s (mm)	L_s (mm)	Bandwidth			Gain pada Frekuensi 2,4 GHz(dBi)	Polarisasi		Jenis Pola Radiasi
			Rentang Frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)	Bandwidth Fraksional		Axial Ratio pada Frekuensi 2,4 GHz	Jenis Polarisasi	
55	6	14,5	1700 – 2700	1000	0,45	-2,47	26,13	Elips	<i>Bidirectional</i>
59	5	14,5	1708 – 2700	992	0,45	-2,55	25,25	Elips	<i>Bidirectional</i>
60	7		1700 – 2700	1000	0,45	-2,17	25,73	Elips	<i>Bidirectional</i>
61	6	13,5	1823 – 2700	877	0,39	-2,84	23,31	Elips	<i>Bidirectional</i>
62		15,5	1700 – 2700	1000	0,45	-2,29	26,6	Elips	<i>Bidirectional</i>

Pada *range* simulasi 1700 – 2700 MHz, pengaruh perubahan dimensi *ground plane* terhadap parameter antena adalah sebagai berikut:

a. *Bandwidth*



Gambar 5.5 Grafik hubungan *Bandwidth* dengan Variasi Dimensi Stub
Sumber : Analisis Data Simulasi

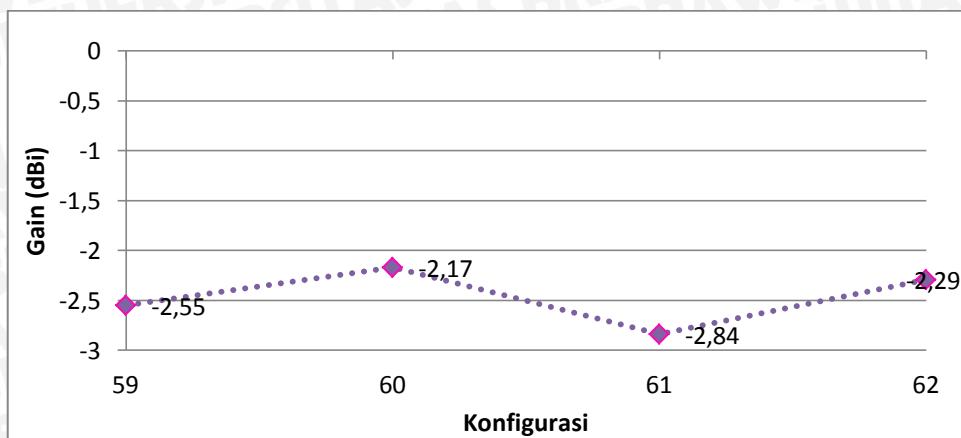


Gambar 5.6 Grafik hubungan *Bandwidth* Fraksional dengan Variasi Dimensi Stub
Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan gambar 5.5 dan gambar 5.6, terjadi perubahan *bandwidth* dan *bandwidth* fraksional ketika terjadi perubahan dimensi stub. Pada konfigurasi antena 59 dan 60, lebar stub divariasikan terhadap panjang stub yang dibuat tetap. Saat lebar stub ditambah, maka *bandwidth* bertambah demikian pula *bandwidth* fraksionalnya. Sedangkan pada konfigurasi antena 61 dan 62, panjang stub divariasikan terhadap lebar stub yang dibuat tetap. Saat panjang stub ditambah, maka *bandwidth* bertambah demikian pula *bandwidth* fraksionalnya.



b. Gain

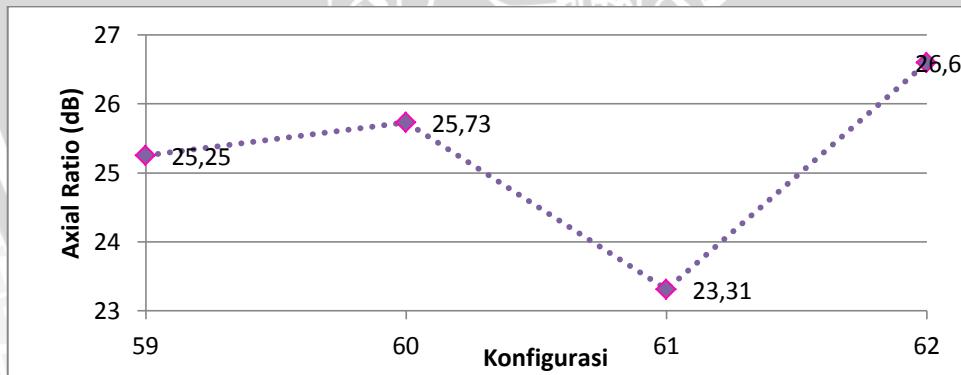


Gambar 5.7 Grafik hubungan *Gain* dengan Variasi Dimensi Stub

Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan gambar 5.7, terjadi perubahan *gain* ketika terjadi perubahan dimensi stub. Pada konfigurasi antena 59 dan 60, lebar stub divariasi terhadap panjang stub yang dibuat tetap. Sedangkan pada konfigurasi antena 61 dan 62, panjang stub divariasi terhadap lebar stub yang dibuat tetap. Saat lebar stub ditambah dengan panjang stub tetap, didapatkan nilai *gain* tertinggi yaitu sebesar -2,17 dBi dan nilai *gain* terendah sebesar -2,84 dBi terjadi saat panjang stub dikurangi dan lebar stub tetap.

c. Polarisasi



Gambar 5.8 Grafik hubungan *Axial Ratio* dengan Variasi Dimensi Stub

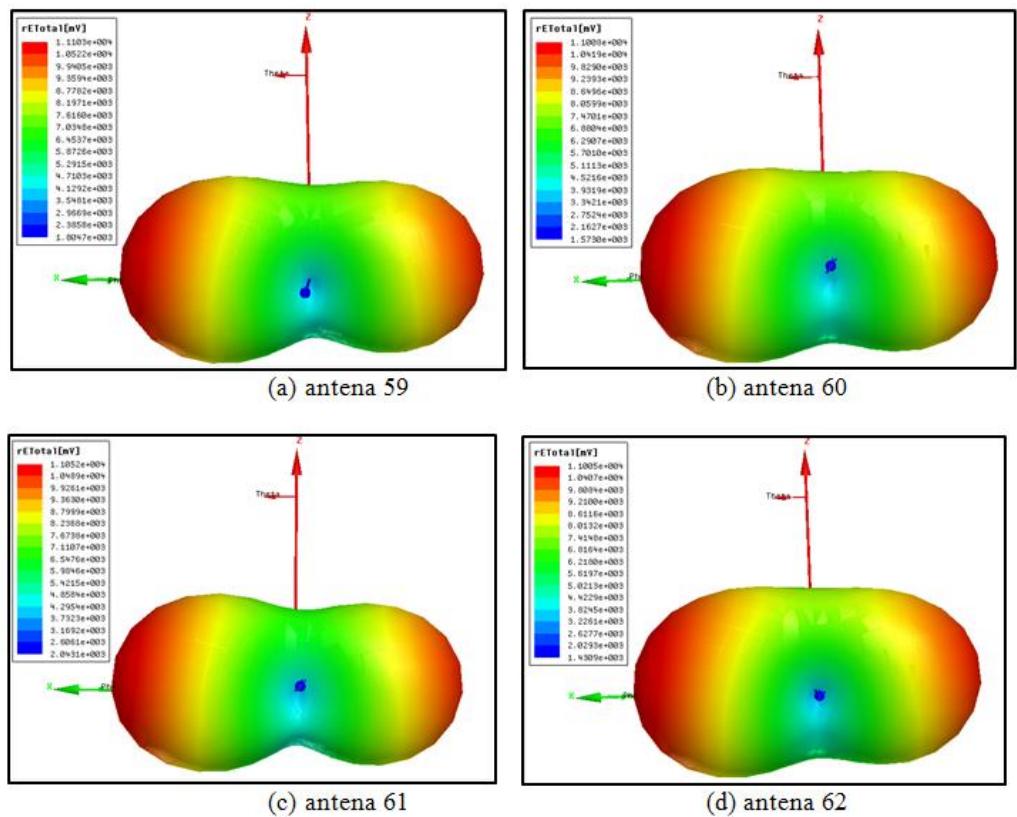
Sumber : Analisis Data Simulasi

Nilai *axial ratio* pada frekuensi 2,4 GHz cenderung berubah ketika terjadi perubahan dimensi stub seperti dalam gambar 5.8. Akan tetapi, nilai *axial ratio* yang berubah tidak berpengaruh terhadap jenis polarisasi antena, dikarenakan nilai *axial ratio* yang dihasilkan berkisar antara 23,31 dB – 26,6 dB dimana nilai tersebut masih menandakan bahwa antena memiliki polarisasi elips.



d. Pola radiasi

Berikut ini adalah pola radiasi dalam 3D untuk antena 59 – 62



Gambar 5.9 Pola radiasi antena dengan variabel dimensi stub

Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan dalam gambar 5.9, pola radiasi antena dengan variabel dimensi stub menunjukkan bahwa, perubahan dimensi stub tidak mempengaruhi pola radiasi yang dihasilkan dikarenakan, pada simulasi menunjukkan bahwa seluruh antena menghasilkan pola radiasi *bidirectional*.

5.2.3.2 Analisis Hasil Simulasi Letak Stub pada Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg

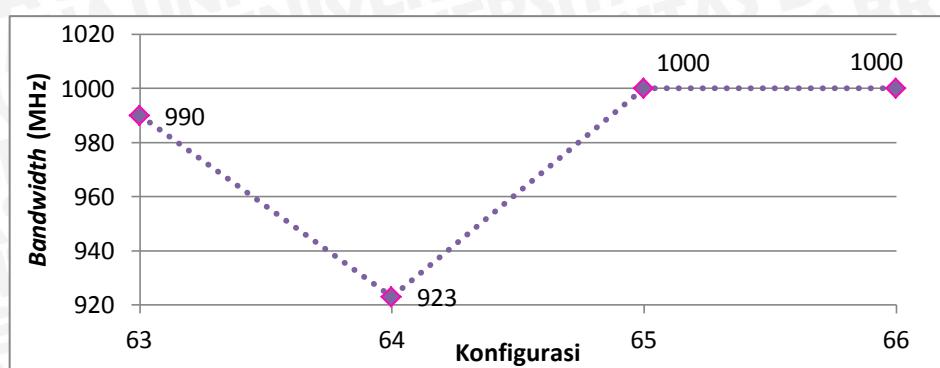
Variasi letak stub berpengaruh terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg*. Perubahan terhadap variabel Letak slot *egg* beserta analisisnya sebagai berikut:

Tabel 5.3 Tabulasi Hasil Simulasi Pengaruh Letak Stub terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg

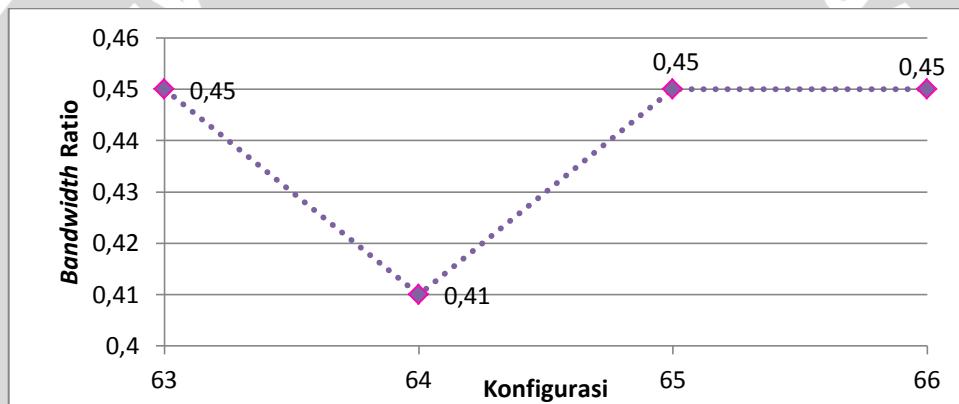
antena	P (mm)	<i>Bandwidth</i>			<i>Gain</i> pada Frekuensi 2,4 GHz(dBi)	<i>Polarisasi</i>		<i>Jenis Pola Radiasi</i>
		Rentang Frekuensi (MHz)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Bandwidth</i> Fraksional		<i>Axial Ratio</i> pada Frekuensi 2,4 GHz	Jenis Polarisasi	
55	0	1700 – 2700	1000	0,45	-2,47	26,13	Elips	<i>Bidirectional</i>
63	1	1713 – 2700	990	0,45	-2,80	24,3	Elips	<i>Bidirectional</i>
64	2	1777 – 2700	923	0,41	-3,42	22,5	Elips	<i>Bidirectional</i>
65	-1	1700 – 2700	1000	0,45	-2,07	26,13	Elips	<i>Bidirectional</i>
66	-2	1700 – 2700	1000	0,45	-2,15	26,9	Elips	<i>Bidirectional</i>

Pada range simulasi 1700 – 2700 MHz, pengaruh perubahan dimensi *ground plane* terhadap parameter antena adalah sebagai berikut

a. **Bandwidth**



Gambar 5.10 Grafik hubungan *Bandwidth* dengan Variasi Letak Stub
Sumber : Analisis Data Simulasi

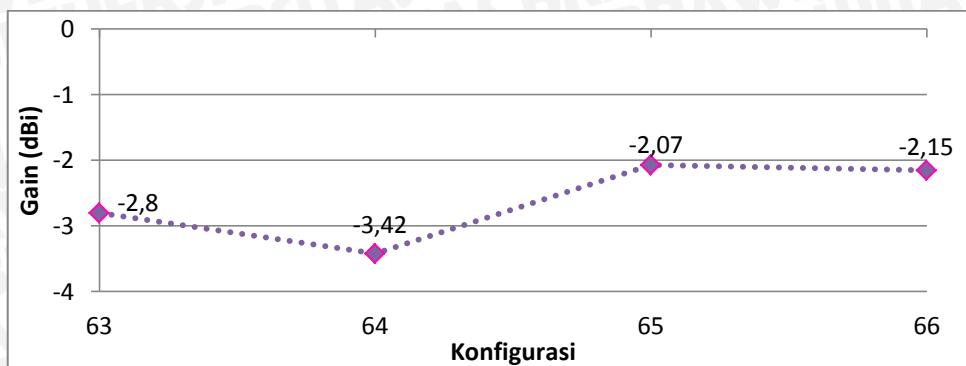


Gambar 5.11 Grafik hubungan *Bandwidth* Fraksional dengan Variasi Letak Stub
Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan gambar 5.10 dan gambar 5.11, terjadi perubahan *bandwidth* dan *bandwidth* fraksional ketika terjadi perubahan letak stub. Pada konfigurasi antena 63 dan 64, letak stub dinaikkan 1mm dan 2 mm terhadap letak sebelumnya. Saat letak stub dinaikkan, maka *bandwidth* akan menyempit demikian pula *bandwidth* fraksionalnya. Sedangkan pada konfigurasi antena 65 dan 66, letak stub divariasikan diturunkan 1 mm dan 2 mm terhadap letak sebenarnya. Saat letak stub diturunkan, maka *bandwidth* bertambah demikian pula *bandwidth* fraksionalnya.



b. Gain

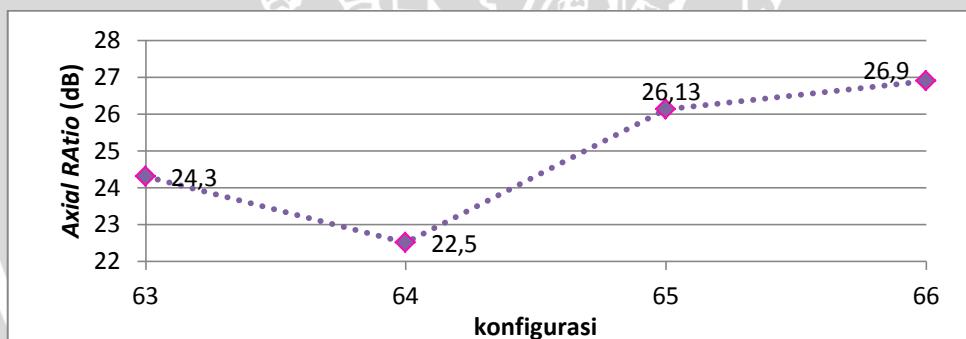


Gambar 5.12 Grafik hubungan *Gain* dengan Variasi Letak Stub

Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan gambar 5.12, terjadi perubahan *gain* ketika terjadi variasi letak stub. Pada konfigurasi antena 63 dan 64, saat letak stub semakin naik, gain semakin kecil. Sedangkan pada konfigurasi antena 65 dan 66, saat letak stub semakin turun, didapatkan nilai *gain* tertinggi yaitu sebesar -2,07 dBi pada saat letak stub diturunkan 1 mm terhadap letak sebelumnya.

c. Polarisasi



Gambar 5.13 Grafik hubungan *Axial Ratio* dengan Variasi Dimensi Stub

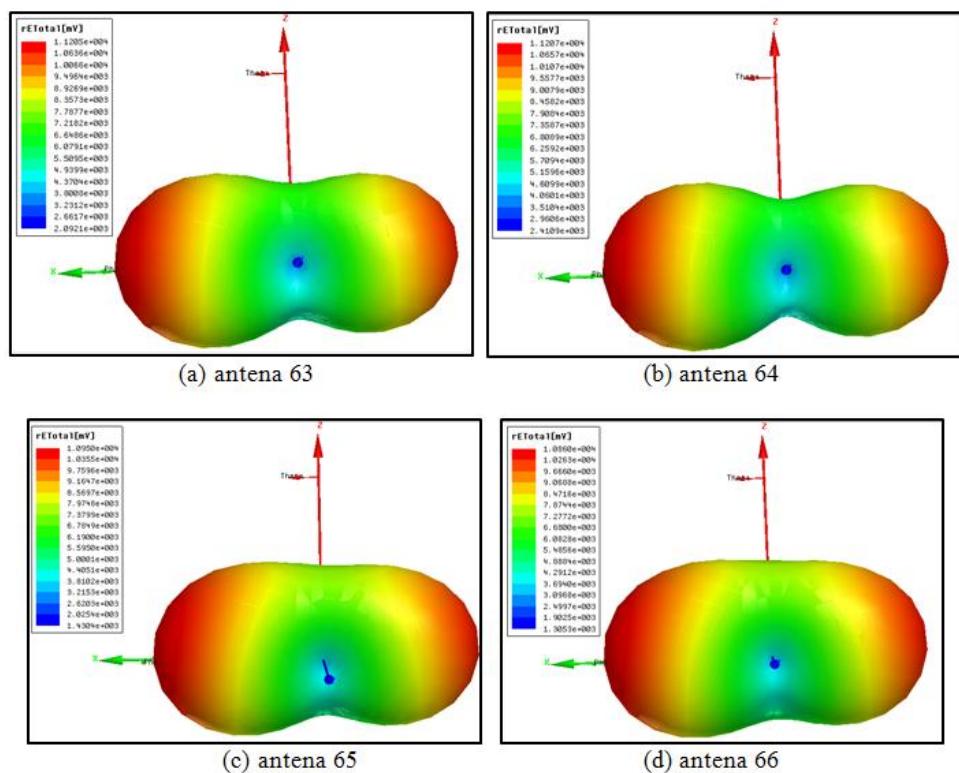
Sumber : Analisis Data Simulasi

Nilai *axial ratio* pada frekuensi 2400 MHz cenderung berubah ketika terjadi perubahan variasi letak stub seperti dalam gambar 5.13. Akan tetapi, nilai *axial ratio* yang berubah tidak berpengaruh terhadap jenis polarisasi antena, dikarenakan nilai *axial ratio* yang dihasilkan berkisar antara 22,5 dB – 26,9 dB dimana nilai tersebut masih menandakan bahwa antena memiliki polarisasi elips.



d. Pola radiasi

Berikut ini adalah pola radiasi dalam 3D untuk antena 63 – 66



Gambar 5.14 Pola radiasi antena dengan variabel letak stub

Sumber : Analisis Data Simulasi

Berdasarkan dalam gambar 5.14, pola radiasi antena dengan variabel Letak stub menunjukkan bahwa, perubahan variabel letak stub tidak mempengaruhi pola radiasi yang dihasilkan dikarenakan, pada simulasi menunjukkan bahwa seluruh antena menghasilkan pola radiasi *bidirectional*.

5.3 Pengujian *Return Loss*, Koefisien Pantul dan Perhitungan *VSWR*

5.3.1 Alat-alat yang Digunakan

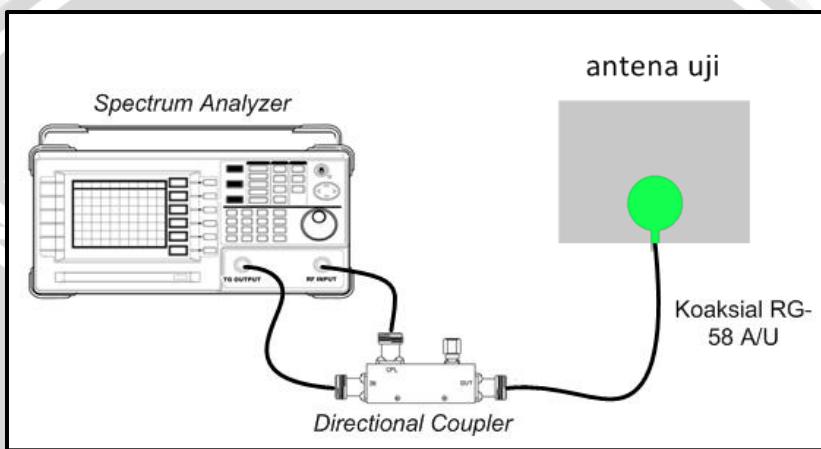
1. GW Instek *Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz
2. *Directional Coupler*
3. Antena uji (Antena mikrostrip konfigurasi 64)
4. Kabel koaksial RG-58A/U
5. Kabel adapter N to BNC

5.3.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *Spectrum Analyzer GSP-827*



2. Menghubungkan RF *input* pada *Spectrum Analyzer* GSP-827 dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG *output* pada *Spectrum Analyzer* GSP-827. Hal ini dilakukan untuk mengetahui level daya dari *Tracking Generator* (TG).
3. Menghubungkan RF *input* pada *Spectrum Analyzer* GSP-827 dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG *output* pada *Spectrum Analyzer* GSP-827. Sedangkan antena uji dihubungkan dengan ujung *directional coupler* yang lainnya, sehingga terbentuk rangkaian seperti dalam gambar 5.15.



Gambar 5.15 Rangkaian Pengukuran *Return Loss*
Sumber : Pengujian

4. Mengatur alat ukur *Spectrum Analyzer* GSP-827 pada frekuensi 1700 – 2700 MHz
5. Mencatat nilai level daya yang ditunjukkan oleh alat ukur pada frekuensi 1700 – 2700 MHz

5.3.3 Hasil pengukuran

Dengan menggunakan persamaan (2-5) dan (2-7), dapat dihitung besarnya koefisien pantul dan *VSWR* antena untuk setiap frekuensi yang didapat dari hasil pengukuran *Return Loss*.

- **Perhitungan koefisien pantul dan *VSWR***

Nilai *VSWR* dapat ditentukan apabila nilai *Return Loss* sudah diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$RL = 20 \log \Gamma (\text{dB})$$

$$\Gamma = 10^{\frac{RL}{20}}$$



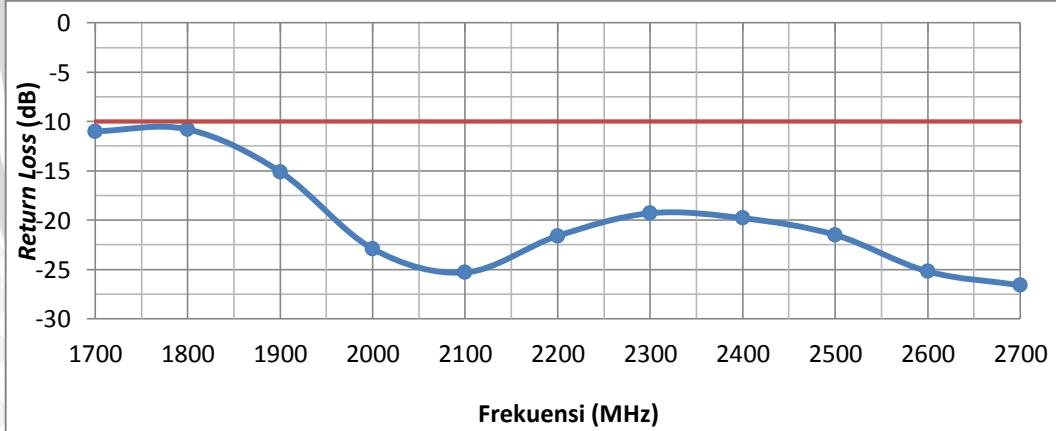
$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul dan VSWR antena mikrostrip dapat dilihat dalam tabel 5.3 dan grafik di bawah ini.

Tabel 5.4 Hasil Pengukuran RL, Perhitungan Koefisien Pantul dan VSWR Antena Uji

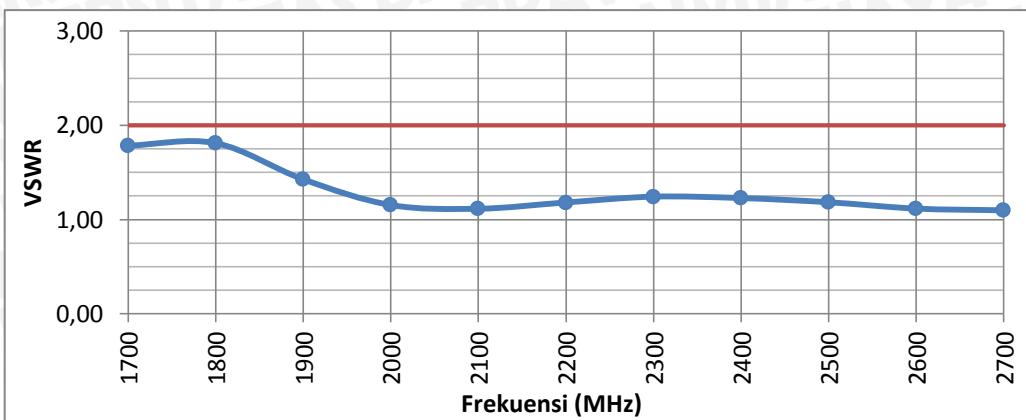
Frekuensi (Mhz)	Return Loss(dB)	Koofisien Pantul	VSWR
1700	-11	0,2818	1,78
1800	-10,8	0,2884	1,81
1900	-15,1	0,1758	1,43
2000	-22,9	0,0716	1,15
2100	-25,3	0,0543	1,11
2200	-21,6	0,0832	1,18
2300	-19,3	0,1084	1,24
2400	-19,8	0,1023	1,23
2500	-21,5	0,0841	1,18
2600	-25,2	0,0550	1,12
2700	-26,6	0,0468	1,10

Sumber: Pengujian



Gambar 5.16 Grafik *Return Loss* Antena Hasil Pengujian

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 5.17 Grafik VSWR Antena Hasil Pengujian
Sumber : Hasil Pengujian

5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran

Hasil pengujian VSWR dan *Return Loss* antena diatas menunjukkan bahwa pada rentang frekuensi 1700-2700 MHz, antena uji memiliki VSWR dibawah 2 dan nilai *Return Loss* ≤ -10 dB sehingga dapat dikatakan bahwa antena bekerja pada rentang frekuensi tersebut.

5.4 Pengukuran Gain Antena

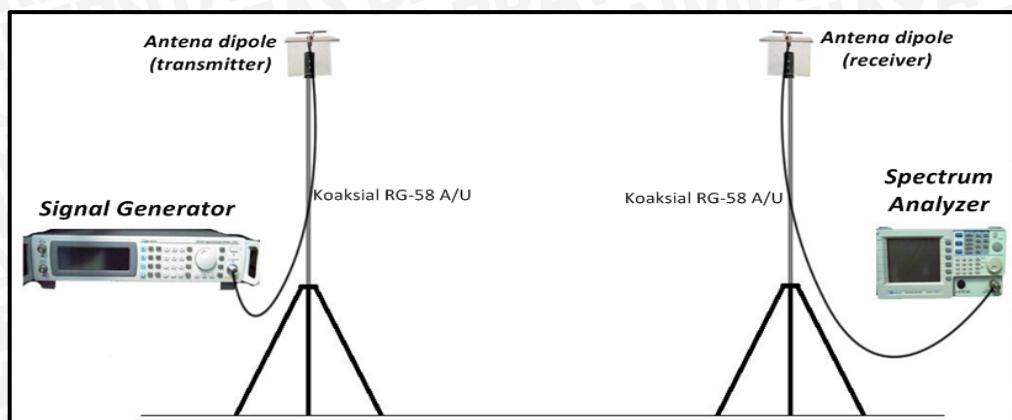
5.4.1 Alat-alat yang Digunakan

1. Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 kHz – 3 GHz
2. GW Insteck *Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz
3. Dua buah antena standar *dipole* $\lambda/2$
4. Antena uji (Antena mikrostrip konfigurasi 64)
5. Kabel adapter N to BNC
6. Dua Buah Tiang penyangga

5.4.2 Prosedur Pengukuran

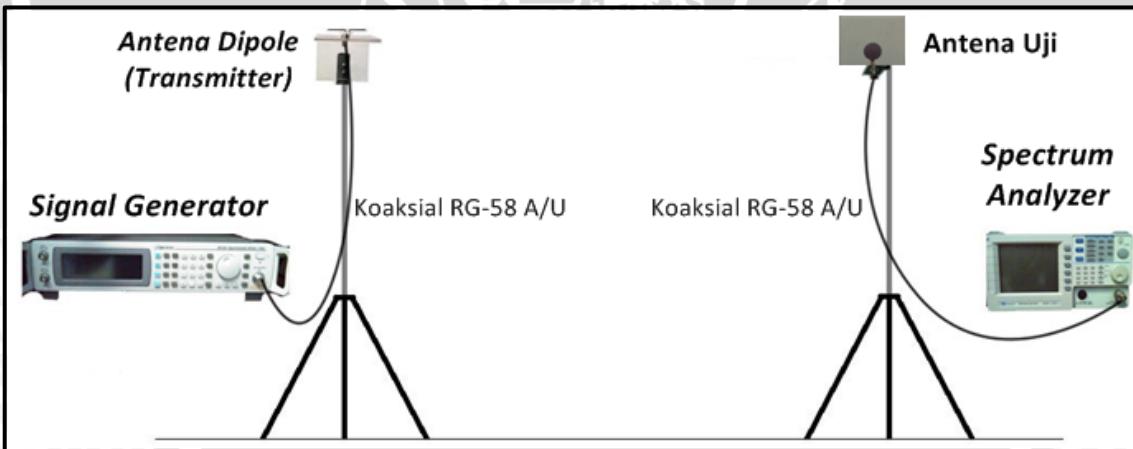
1. Merangkai peralatan seperti pada gambar 5.18.





Gambar 5.18 Rangkaian pengukuran daya antena referensi
Sumber: Pengujian

2. *Signal Generator* diatur pada frekuensi 1700 MHz dan catat daya antena *dipole* $\lambda/2$ yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
3. Mengubah frekuensi *Sweep Oscillator* pada *Signal Generator* setiap rentang 100 MHz sehingga daya pada frekuensi 1700 – 2700 MHZ terukur dan catat daya antena *dipole* $\lambda/2$ yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
4. Antena *dipole* $\lambda/2$ pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji (Antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan penambahan stub pada *ground plane*) hasil perancangan.



Gambar 5.19 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena
Sumber: Pengujian

5. Mengulangi langkah 2 dan 3

5.4.3 Hasil Pengukuran

1. Pada pengukuran *Gain* antena ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antena referensi (P_{Ref}), daya antena yang diuji (P_U), dan *Gain* antena yang diuji



(G_U). Nilai *Gain* antena yang diuji (G_U) diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan 2-17 yaitu:.

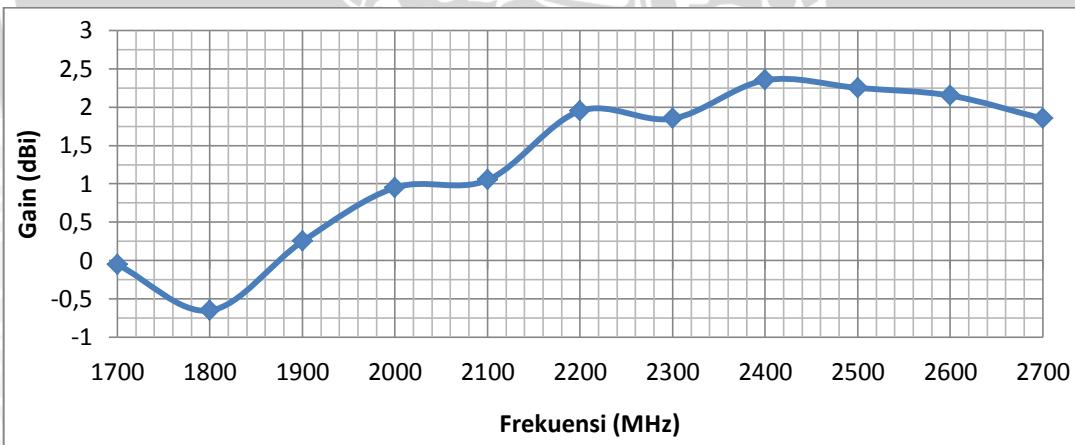
$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm})$$

2. Berdasarkan persamaan tersebut, hasil perhitungan *Gain* antena uji di tiap frekuensi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.5 Nilai *Gain* Antena Hasil Pengujian

No.	Frekuensi (GHz)	Pengujian		
		Daya Ref (dBm)	Daya Uji (dBm)	Gain (dBi)
1	1700	-66,7	-68,9	-0,05
2	1800	-64	-66,8	-0,65
3	1900	-57,2	-59,1	0,25
4	2000	-62,7	-63,9	0,95
5	2100	-68,3	-69,4	1,05
6	2200	-60,3	-60,5	1,95
7	2300	-58,6	-58,9	1,85
8	2400	-63,2	-63	2,35
9	2500	-60,2	-60,1	2,25
10	2600	-73,5	-73,5	2,15
21	2700	-64,5	-64,8	1,85

Sumber: Hasil Pengujian



Gambar 5.20 Grafik *Gain* Antena Hasil Pengujian

Sumber : Hasil Pengujian

5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran

Pada pengukuran *gain* menggunakan antena referensi yaitu antena *dipole* $\lambda/2$ dengan nilai *gain* standar 2,15 dBi. Hasil pengukuran *gain* diatas menunjukkan antena memiliki nilai *gain* dengan rata-rata sebesar 1,27 dBi. *Gain* pada frekuensi 2400 MHz sebesar 2,35 dBi.

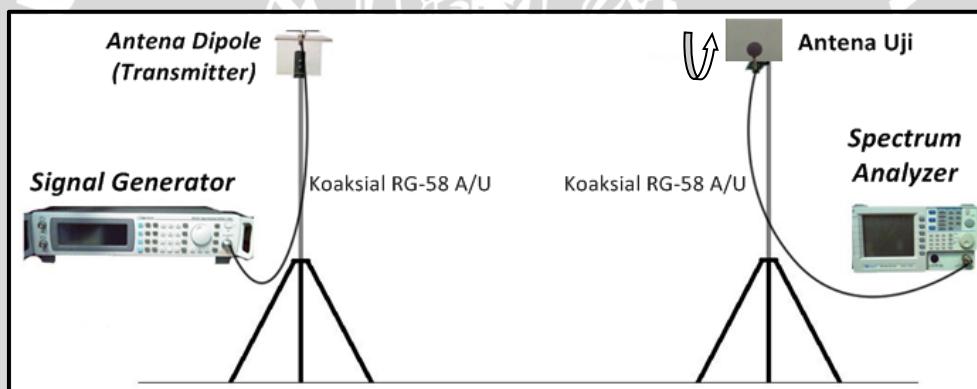
5.5 Pengukuran Polarisasi Antena

5.5.1 Alat-alat yang digunakan

1. Aeroflex *Signal Generator FR M13* 200 kHz - 3 GHz
2. GW Insteek *Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz
3. Satu buah antena standar *dipole* $\lambda/2$
4. Antena uji (Antena Mikrostrip Konfigurasi 64)
5. Kabel adapter N to BNC
6. Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan 10° .

5.5.2 Prosedur Pengukuran

1. Memasang antena dipole $\lambda/2$ sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5.21 Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena
Sumber: Pengujian

2. Memasang antena uji sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.6
3. Memosisikan antena pemancar sejajar dengan antena uji, kemudian mengatur *Signal Generator* pada frekuensi 2400 MHz.
4. Memutar antena uji pada sumbu horizontal antena, dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.

5.5.3 Hasil Pengukuran

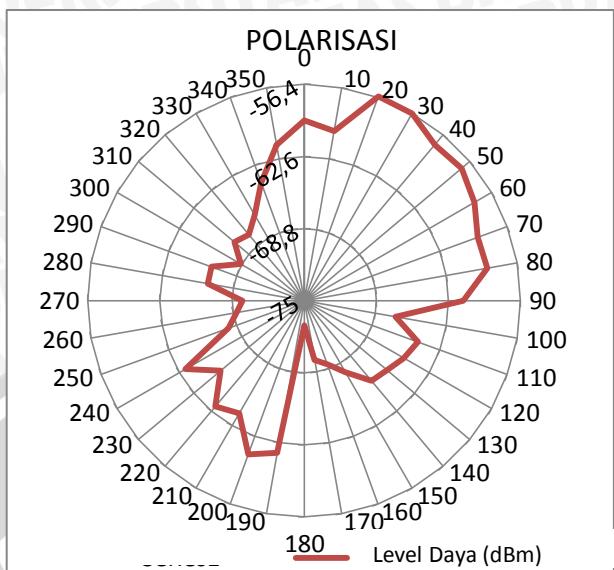
Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antena uji yang diputar 10° pada sumbu horizontal. Data hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi 2400 MHz terlihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Polarisasi pada Frekuensi 2400 MHz

Sudut (derajat)	Level Terima (dBm)
0	-59,5
10	-60,2
20	-56,3
30	-56,4
40	-57,5
50	-57,3
60	-58,1
70	-59,1
80	-59
90	-61,3
100	-67
110	-64,6
120	-65,1
130	-65,7
140	-66
150	-67,9
160	-69,2
170	-69,8
180	-72,9
190	-61,7
200	-60,9
210	-63,8
220	-63,1
230	-65,6
240	-63,2
250	-68,1
260	-69,1
270	-69,7
280	-66,6
290	-66,5
300	-68,7
310	-67,2
320	-67,6
330	-66,5
340	-64,2
350	-61,4
360	-59,5

Sumber : Hasil Pengujian

5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran



Gambar 5.22 Diagram Polar Polarisasi Antena Uji

Sumber: Pengujian

Nilai daya yang diperoleh dari hasil pengujian dikonversi menjadi diagram polar agar terlihat jenis polarisasi yang dihasilkan antena. Diagram polar hasil pengujian menunjukkan bahwa polarisasi antena hasil pengujian memiliki bentuk elips.

5.6 Pengujian Pola Radiasi

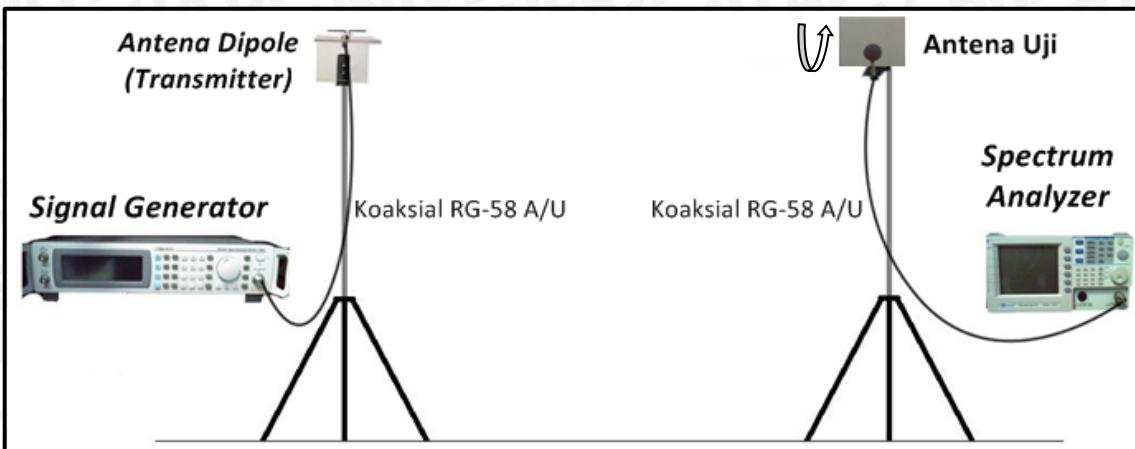
5.6.1 Alat-alat yang Digunakan

1. Aeroflex *Signal Generator FR M13* 200 kHz - 3 GHz Aeroflex.
2. GW Insteek *Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz
3. Satu buah antena standar *dipole* $\lambda/2$
4. Antena uji (Antena mikrostrip konfigurasi 64)
5. Kabel adapter N to BNC
6. Konektor tipe N *Female*
7. Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan 10° .

5.6.2 Prosedur Pengukuran

1. Memasang antena *dipole* $\lambda/2$ sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U.

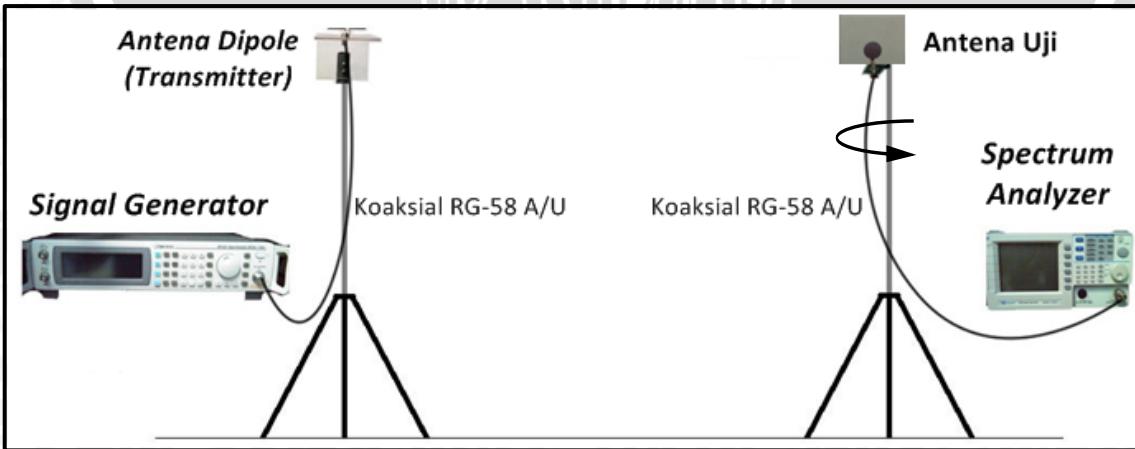
2. Memasang antena uji sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar



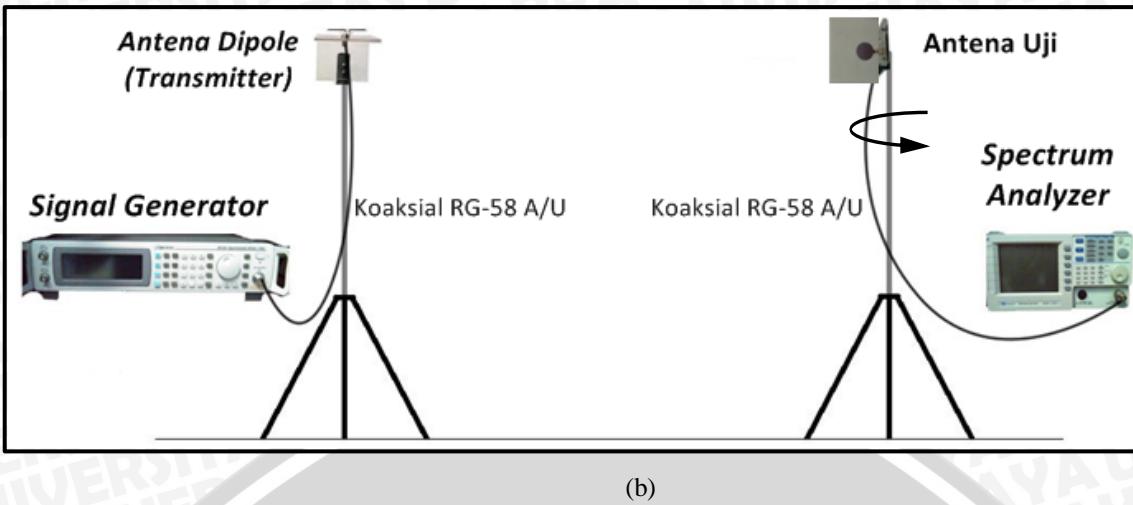
Gambar 5.23 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Horizontal Antena Uji

Sumber : Pengujian

3. Mengatur *signal generator* pada frekuensi 2400 MHz.
4. Memutar antena uji dari 0° sampai 360° dengan interval 10° terhadap sumbu horizontal, dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran untuk mendapatkan nilai pola radiasi horizontal.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.
6. Memasang antena uji secara vertikal sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.24



(a)

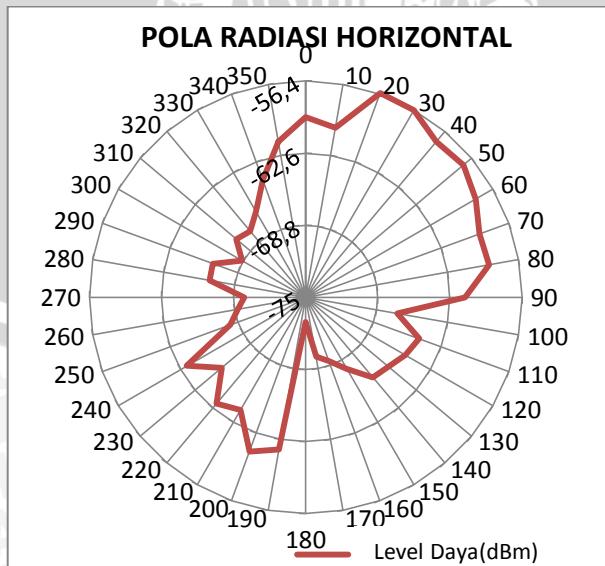


Gambar 5.24 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena Uji
(a) θ_1 , (b) θ_2 . Sumber : Pengujian

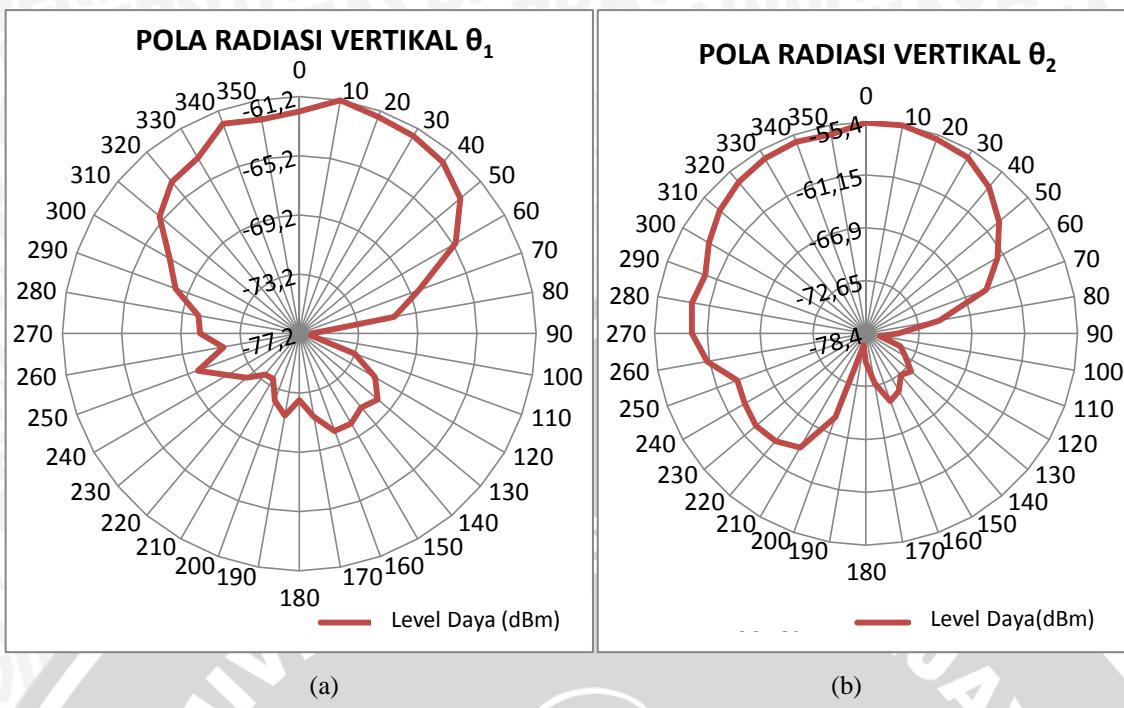
7. Mengulangi langkah 4 sampai 5 untuk mendapatkan nilai pola radiasi vertikal dimana $\theta_1 = 0^\circ$ dan $\theta_2 = 90^\circ$

5.6.3 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antena uji. Pola radiasi yang diperoleh yaitu pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal. Data hasil pengukuran pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal pada frekuensi 2400 MHz. Pola radiasi vertikal dan horizontal antena mikrostrip uji dapat dilihat dalam gambar dan tabel berikut ini.



Gambar 5.25 Diagram Polar Pola Radiasi Horizontal Antena Hasil Pengujian
Sumber: Pengujian



Gambar 5.26 Diagram Polar Pola Radiasi Vertikal Antena Hasil Pengujian

(a) Pola Radiasi Vertikal θ_1 , (b) Pola Radiasi Vertikal θ_2

Sumber: Pengujian

Tabel 5.7 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Hasil Pengujian

sudut (derajat)	Pola Radiasi Horizontal	Pola Radiasi Vertikal	
		θ_1	θ_2
	Level Daya Terima (dBm)	Level Daya Terima (dBm)	Level Daya Terima (dBm)
0	-59,5	-62,2	-55,5
10	-60,2	-61,2	-55,4
20	-56,3	-61,6	-55,9
30	-56,4	-61,8	-56,3
40	-57,5	-62,1	-57,6
50	-57,3	-63	-59,5
60	-58,1	-65	-61,9
70	-59,1	-68,6	-64,5
80	-59	-70,7	-70,3
90	-61,3	-76,3	-74,9
100	-67	-76,4	-76,9
110	-64,6	-73,2	-74,4
120	-65,1	-71,3	-73,5
130	-65,7	-70,3	-72
140	-66	-70,7	-72,5
150	-67,9	-70,2	-71,2
160	-69,2	-70,2	-70,6
170	-69,8	-71,5	-72,9
180	-72,9	-72,7	-75,3
190	-61,7	-71,6	-77,1
200	-60,9	-72,4	-68,7
210	-63,8	-73,7	-64,1
220	-63,1	-73,6	-63,1
230	-65,6	-72,6	-62,8
240	-63,2	-71,6	-63,2
250	-68,1	-69,9	-63,5
260	-69,1	-72	-60,9
270	-69,7	-70,5	-59,5
280	-66,6	-70,3	-59,2
290	-66,5	-68,3	-59,8
300	-68,7	-67,1	-58,7
310	-67,2	-64,9	-57,6
320	-67,6	-63,8	-56,9
330	-66,5	-63,5	-56,4
340	-64,2	-62,1	-56,4
350	-61,4	-62,5	-55,5
360	-59,5	-62,2	-55,5

Sumber : Pengujian

5.6.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antena hasil perancangan dalam bentuk diagram polar. Gambar 5.25 dan 5.26 di atas merupakan diagram polar pola radiasi antena uji pada frekuensi 2400 MHz. Berdasarkan bentuk pola radiasi yang terlukis dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antena hasil perancangan adalah *bidirectional*. Hal ini berarti bahwa antena memiliki intensitas radiasi maksimum pada dua arah.

5.7 Analisis Hasil Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran

Berikut ini merupakan perbandingan parameter hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan penambahan stub pada *ground plane* (konfigurasi 65) dan hasil pengukuran dari antena hasil fabrikasi yang menggunakan rancangan konfigurasi 65

Tabel 5.8 Tabulasi Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Pengujian

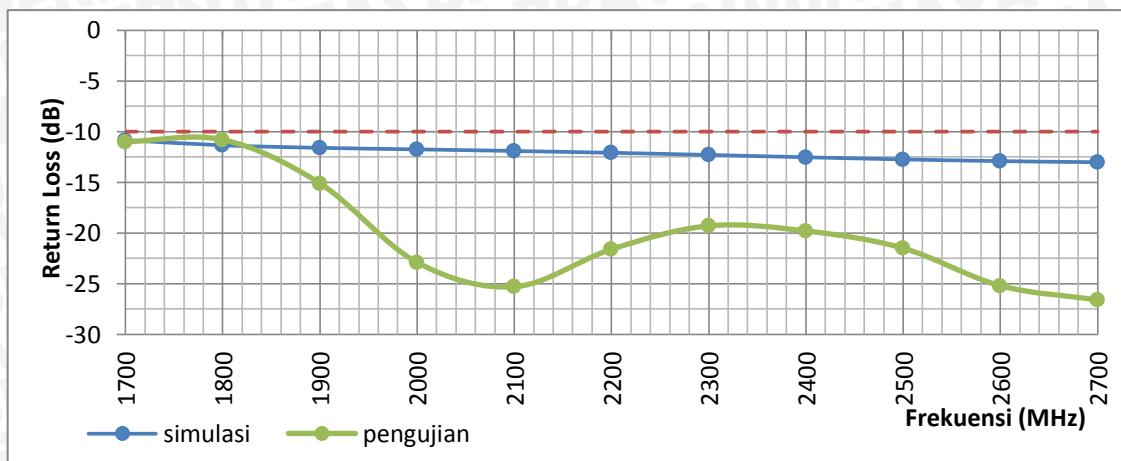
Parameter Antena		Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Bandwidth	Rentang Frekuensi (MHz)	1700 - 2700	1700 - 2700
	Total Bandwidth (MHz)	1000	1000
	Bandwidth Fraksional (%)	0,45	0,45
Gain	Gain pada frekuensi 2400 MHz	-2,07 dBi	2,35 dBi
Polarisasi		Elips	Elips
Jenis Pola Radiasi		<i>bidirecional</i>	<i>bidirectional</i>

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Pada *range* simulasi 1700 – 2700 MHz, perbandingan performansi antena mikrostrip konfigurasi 65 hasil simulasi dan pengujian terhadap parameter antena adalah sebagai berikut:

a. **Bandwidth (VSWR dan Return Loss)**





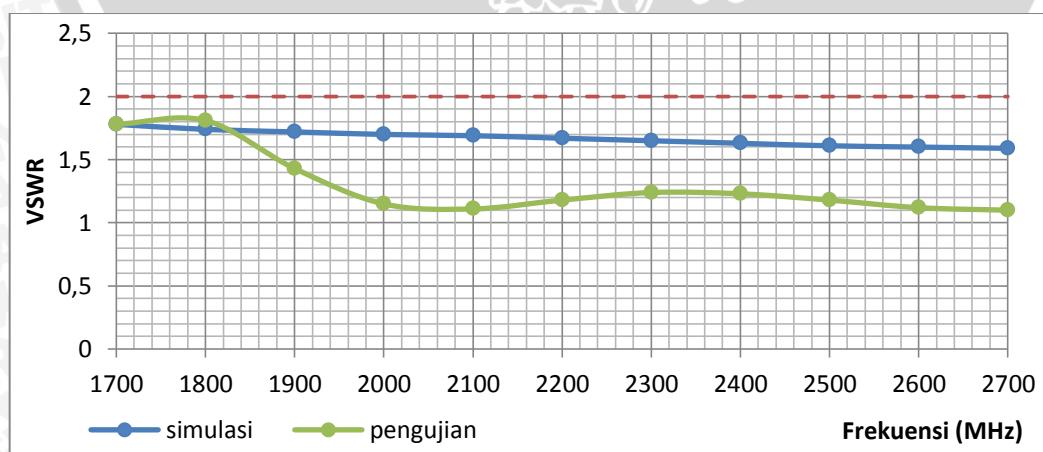
Gambar 5. 27 Grafik *Return Loss* Antena Hasil Simulasi dan Pengujian

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Tabel 5.9 Tabulasi Perbandingan *Return Loss* Hasil Simulasi dan Pengujian

Frekuensi (Mhz)	Return Loss Simulasi (dB)	Return Loss Pengukuran (dB)
1700	-10,84	-11
1800	-11,35	-10,8
1900	-11,60	-15,1
2000	-11,75	-22,9
2100	-11,91	-25,3
2200	-12,09	-21,6
2300	-12,30	-19,3
2400	-12,53	-19,8
2500	-12,74	-21,5
2600	-12,91	-25,2
2700	-13,02	-26,6

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian



Gambar 5.28 Grafik *VSWR* Antena Hasil Simulasi dan Pengujian

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Tabel 5.10 Tabulasi Perbandingan VSWR Hasil Simulasi dan Pengujian

Frekuensi (Mhz)	VSWR Simulasi	VSWR pengukuran
1700	1,78	1,78
1800	1,74	1,81
1900	1,72	1,43
2000	1,70	1,15
2100	1,69	1,11
2200	1,67	1,18
2300	1,65	1,24
2400	1,63	1,23
2500	1,61	1,18
2600	1,60	1,12
2700	1,59	1,10

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

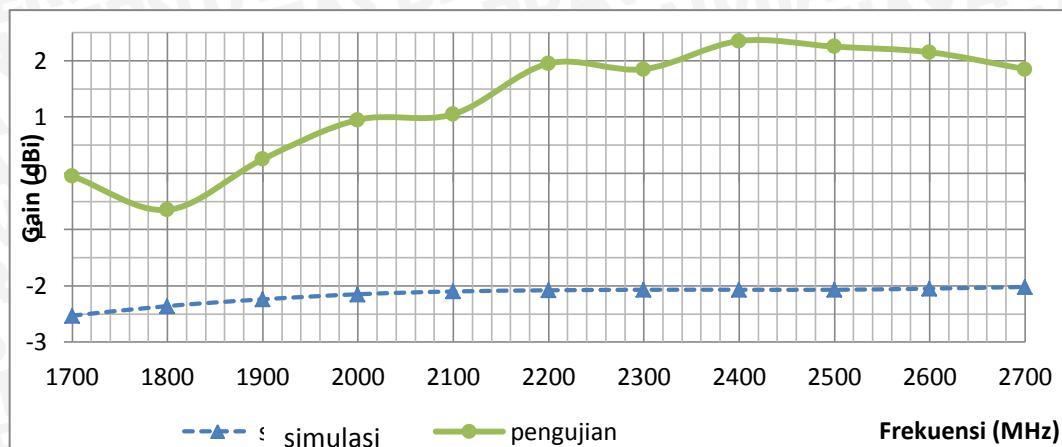
Grafik dan tabel di atas menunjukkan perbandingan antara VSWR dan *return loss* hasil simulasi dan pengukuran. Terdapat perbedaan nilai VSWR dan *return loss* yang diperoleh dari hasil simulasi dan pengukuran. Meskipun begitu, hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan rentang frekuensi 1700 – 2700 MHz yang berada pada VSWR dibawah 2 dan *return loss* dibawah -10 dB sehingga dapat dikatakan bahwa antena dapat bekerja dengan baik pada rentang frekuensi tersebut.

Dengan demikian, antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan penambahan stub pada *ground plane* terbukti dapat bekerja pada frekuensi yang direncanakan dan telah memenuhi syarat antena *ultra wideband* karena telah memiliki *bandwidth fraksional* lebih dari 0,2. Hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan yang menggunakan persamaan (1)

$$BW_{fractional} = 2 \times \left(\frac{fh - fl}{fh + fl} \right) = 2 \times \left(\frac{2700 - 1700}{2700 + 1700} \right) = 0,45$$

b. Gain

Nilai *gain* hasil pengukuran dan simulasi menunjukkan perbedaan. Nilai *gain* hasil pengukuran cenderung memiliki *gain* yang lebih tinggi yaitu lebih positif daripada hasil simulasi.



Gambar 5.29 Grafik Gain Antena Hasil Simulasi dan Pengujian

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Tabel 5.11 Tabulasi Perbandingan Gain Hasil Simulasi dan Pengujian

Frekuensi (MHz)	Gain Simulasi (dBi)	Gain Pengukuran (dBi)
1700	-2,53	-0,05
1800	-2,36	-0,65
1900	-2,24	0,25
2000	-2,15	0,95
2100	-2,10	1,05
2200	-2,08	1,95
2300	-2,07	1,85
2400	-2,07	2,35
2500	-2,07	2,25
2600	-2,05	2,15
2700	-2,02	1,85

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Gain merupakan istilah relatif dan sebagian besar referensi kami adalah antena *isotropic* yang memancarkan daya yang sama di semua arah dan dengan demikian memiliki antena *isotropic* memiliki Gain=1 atau 0 dB. Yang berarti antena *isotropic* memiliki keuntungan karena memancar daya yang sama ke segala arah. Tapi seperti antena tidak ada secara fisik seperti yang kita hanya bisa mendapatkan keuntungan seperti dari titik sumber yang berarti elektrik sangat sangat kecil.

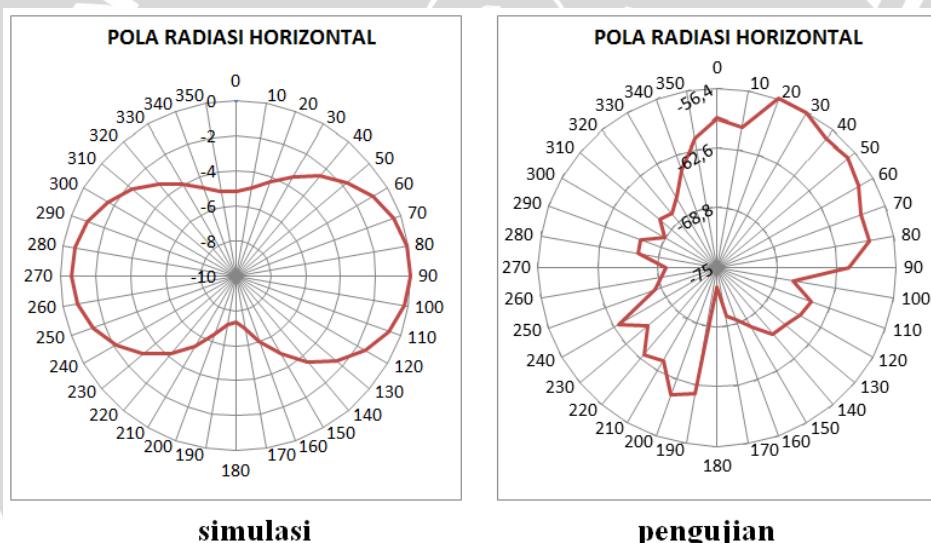
Jika antena persegi divisualisasikan dan $G = 1$, $A_e = \lambda^2/4\pi$. Dengan A_e = daerah tangkapan efektif antena. Ketika dimensi lebih besar dari $0,28\lambda$ (sekitar $1/4\lambda$) ini dikenal sebagai antena elektrik besar, dan antena akan memiliki keuntungan yaitu gain lebih dari satu (gain positif ketika dinyatakan dalam dB). Sebaliknya, ketika dimensi kurang dari $0,28\lambda$ (sekitar $1/4\lambda$) ini dikenal sebagai antena elektrik kecil, gain akan

kurang dari satu (gain negatif ketika dinyatakan dalam dB). Oleh karena itu, kesatuan antena gain dapat didekati dengan ukuran celah yang sama $1/4\lambda$ dengan $1/4\lambda$.

c. Polarisasi

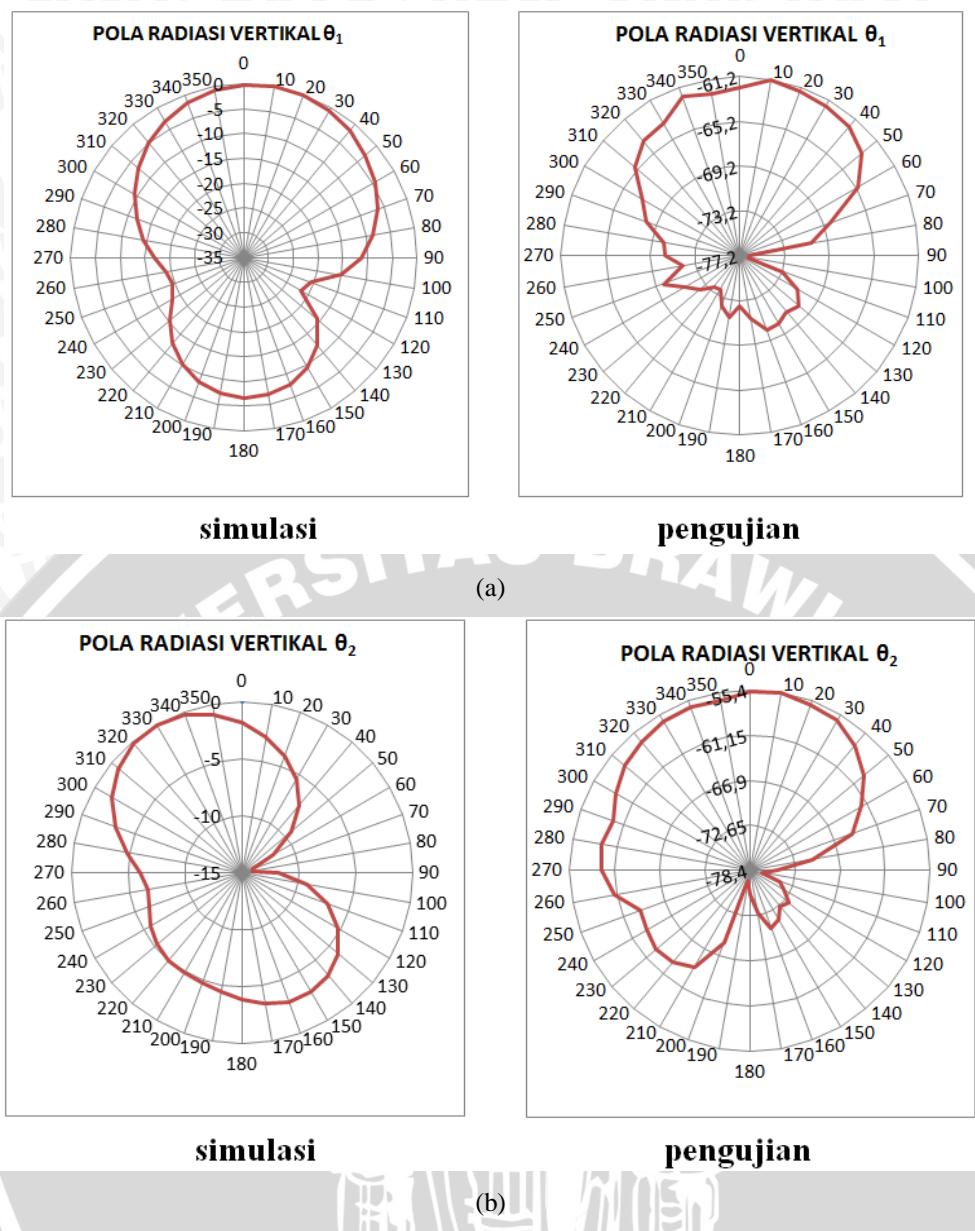
Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi yang dikonversi ke bentuk diagram polar, dapat diketahui bentuk polarisasi antena yang diuji. Diagram polar hasil pengujian menunjukkan bahwa antena memiliki polarisasi elips. Sedangkan hasil simulasi antena menunjukkan pada frekuensi dimana *gain* antena maksimum yaitu frekuensi 2400 MHz, diperoleh nilai *axial ratio* hasil simulasi sebesar 26,28 dB yang menandakan bahwa polarisasi antena hasil simulasi berbentuk elips. Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian diperoleh bahwa antena memiliki polarisasi elips.

d. Pola Radiasi



Gambar 5.30 Perbandingan Pola Radiasi Horizontal Hasil Simulasi dan Pengujian
Sumber : Simulasi dan Pengujian





Gambar 5.31 Perbandingan Pola Radiasi Vertikal Hasil Simulasi dan Pengujian

(a) Pola Radiasi Vertikal θ_1 , (b) Pola Radiasi Vertikal θ_2

Sumber : Simulasi dan Pengujian

Diagram polar di atas menunjukkan bahwa meskipun bentuk pola radiasi antena hasil simulasi dan pola radiasi tidak sama persis, pola radiasi pada simulasi, menunjukkan antena memiliki pola radiasi *bidirectional*, sedangkan pada pengujian, antena memiliki pola radiasi *bidirectional*.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, pengukuran, serta analisis parameter-parameter antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan, antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg*, yang terbuat dari bahan FR-2 dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5 bekerja pada frekuensi 1700 – 2700 MHz, diperoleh dimensi elemen peradiasi antena adalah sebagai berikut :

Tabel 6.1 Dimensi antena mikrostrip setelah optimasi

Variabel	Keterangan	Dimensi (mm)
a	Dimensi radius <i>circular patch</i>	10
L	Panjang saluran transmisi	5
W	Lebar saluran transmisi	3,217
L_g	Panjang <i>ground plane</i>	70
W_g	Lebar <i>ground plane</i>	52
a	Diameter setengah lingkaran	40
b	Setengah diameter sekunder	27,5

2. Dengan bentuk geometri dan dimensi antena (*patch*, *slot*, saluran transmisi) yang sama dengan hasil optimasi perancangan sebelumnya, dilakukan simulasi antena dengan menambahkan sebuah stub pada *ground plane*. Dimensi dan variabel perubahan stub adalah sebagai berikut:
 - a. Banyak stub yang dibutuhkan pada *ground plane* adalah sebanyak satu buah dengan dimensi sebesar 14,5 mm untuk panjangnya dan 6 mm untuk lebarnya. Diperoleh nilai *bandwidth* sebesar 1000 MHz dengan nilai *bandwidth* fraksionalnya 0,45 pada rentang frekuensi 1700 – 2700 MHz dan *gain* pada frekuensi 2,4 GHz sebesar -2,47 dBi.
 - b. Dimensi stub

Bentuk stub adalah persegi panjang dengan panjang (L_g) dan lebar (W_g) dengan variabel pengaruh dimensi dibagi menjadi 2, yaitu :

 - Panjang tetap, lebar bertambah dan berkurang



Dengan bertambahnya lebar stub, nilai *gain* semakin besar menjadi -2,17 dBi dengan *bandwidth* 1000 MHz pada rentang frekuensi 1700 – 2700 MHz.

- Lebar tetap, panjang bertambah dan berkurang

Dengan bertambahnya panjang stub, nilai *gain* semakin besar menjadi -2,29 dBi dengan *bandwidth* 1000 MHz pada rentang frekuensi 1700 – 2700 MHz

Hasil simulasi optimasi variasi dimensi stub pada *ground plane* antena menunjukkan bahwa variasi dimensi stub berpengaruh terhadap *bandwidth* dan *gain* antena tetapi tidak berpengaruh terhadap polarisasi dan pola radiasi antena.

c. Letak stub

Penempatan stub awal pada *ground plane* terletak pada jarak 23 mm terhadap bidang vertikal antena. Variabel pengaruh letak stub ditentukan dengan menaikkan letak stub ke atas maupun ke bawah. Ketika letak stub diturunkan ke bawah sebesar 1mm, didapatkan nilai *gain* tertinggi yaitu sebesar -2,07 dBi. Dari hasil simulasi, peletakan stub mempengaruhi nilai *gain* dan *bandwidth* tapi tidak berpengaruh pada jenis polarisasi dan pola radiasi antena.

3. Hasil simulasi perancangan dan pengukuran antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* dan penambahan stub pada *ground plane* pada frekuensi 1700-2700 MHz ditabelkan sebagai berikut :

Parameter Antena		Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Bandwidth	Rentang Frekuensi (MHz)	1700 - 2700	1700 - 2700
	Total <i>Bandwidth</i> (MHz)	1000	1000
	<i>Bandwidth Fraksional</i> (%)	0,45	0,45
Gain	<i>Gain</i> pada frekuensi 2,4 MHz	-2,07 dBi	2,35 dBi
Polarisasi		Elips	Elips
Jenis Pola Radiasi		<i>bidirectional</i>	<i>bidirectional</i>

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa ketika slot *egg* diaplikasikan pada antena mikrostrip *circular patch*, antena memenuhi syarat antena untuk bekerja pada teknologi *ultra wideband*. Dan penambahan stub pada *ground plane* dapat meningkatkan nilai *gain* antena.

6.2 Saran

1. Karena keterbatasan alat, pengukuran hanya dapat dilakukan hingga frekuensi maksimal 2700 MHz. Oleh karena itu, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melakukan pengukuran antena mikrostrip *circular patch* dengan slot *egg* pada frekuensi yang lebih tinggi sehingga dapat diketahui frekuensi kerja antena yang lebih akurat.
2. Peletakkan stub pada slot antena dapat divariasikan dengan bentuk slot yang lain dengan dimensi yang berbeda pula sehingga dapat dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh stub pada bentuk antena yang lain.
3. Pada pembuatan antena mikrostrip, untuk proses pemasangan konektor pada antena juga memerlukan ketepatan. Karena konektor yang terpasang pada antena juga akan mempengaruhi pada daya yang dicatatkan pada saluran transmisi antena.
4. Dalam melakukan pengukuran, untuk ketepatan dan ketelitian hasil pengukuran disarankan agar pengukuran dilakukan di tempat yang bebas dari benda-benda yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Sehingga diperlukan ruangan khusus untuk pengukuran dan pengujian antena yang disebut *Anechoic Chamber*. Serta diperlukan bahan penyangga antena berupa isolator yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, Constantine A. 2005. *Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd Edition*. New Jersey : John Wiley and Sons, Inc.
- Nekoogar, Faranak. 2011. *Ultra-Wideband Radio Frequency Identification System*. New York : Springer media
- Karmakar, Nemai Chandra. 2010. *Handbook of Smart Antenna for RFID System*. New Jersey : John Wiley and Sons, Inc.
- Masoud Kahrizi. 1993. *Analysis of a Wide Radiating Slot in the Ground Plane of a Microstrip Line*. IEEE Transactiona On Microwave Theory And Techniques, Vol. 41, No. 1.
- Ronald, Joseph. 2011. *Studies on Circular Polarized Broadband Slot Antenna*. Thesis. Kumamoto University
- Yuwono Rudy. "Unjuk Kerja Antena UWB Egg Berdasarkan Dimensinya" Jurnal EECCIS Vol IV, no 2, Desember 2010
- G. Breed. 2005. *A summary of FCC rules for ultra wideband communications*, High Freq. Electron., vol. 4, no. 1, pp.42 -44
- Arslan, H., Zhi Ning Chen, and M.G Di Benedetto. 2006. *Ultra Wideband Wireless Communication*.New Jersey : John Wiley and Sons, Inc.
- Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antena for use in Nirkabel/Cellular Devices*. Thesis, The Florida State University.
- Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. New York : McGraw-Hill.
- Wong, Kin-Lu. 2002. *Compact and Broadband Microstrip Antennas*. New York :John Wiley & Sons, Inc.,
- Stephen, A. *RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications*.
<http://www.eecs.harvard.edu/cs199r/readings/rfid-article.pdf> (diunduh 20 April 2013)



LAMPIRAN

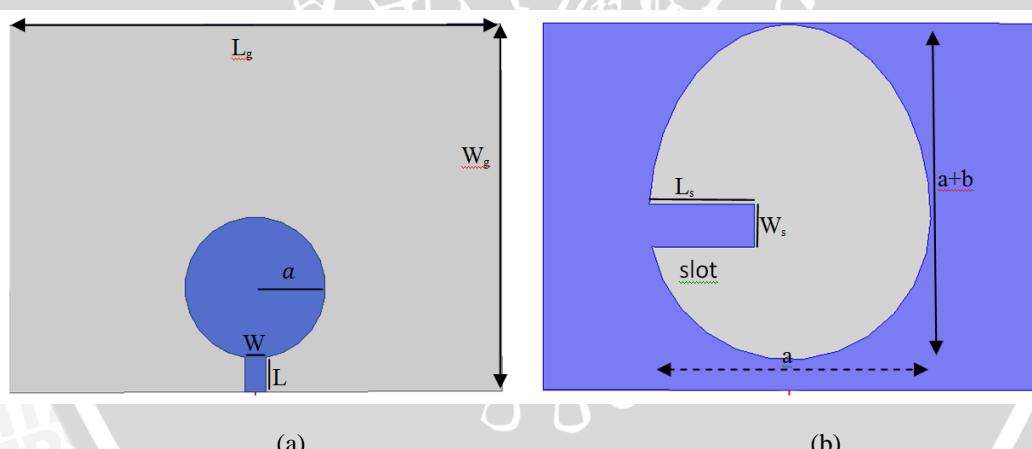
LAMPIRAN 1 LANGKAH-LANGKAH SIMULASI

Dalam penyelesaian skripsi ini digunakan simulator *HFSS Ansoft™* versi 13 untuk merancang antena dan mensimulasikan parameter-parameter dari antena hasil rancangan.. Dalam perancangan ada beberapa langkah yang harus dilakukan.

Tahap 1 Pemodelan Elemen Peradiasi

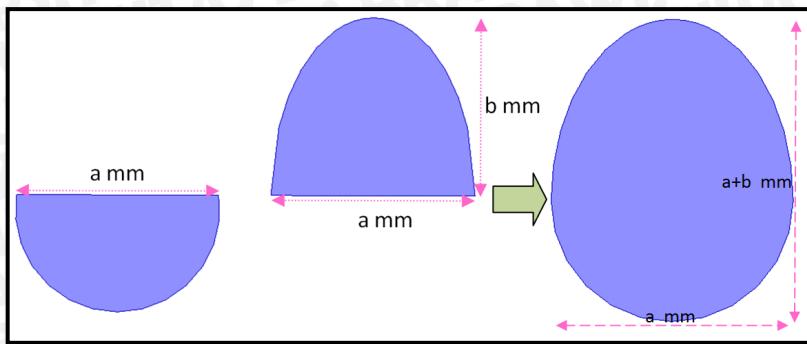
Bentuk elemen peradiasi yang akan disimulasikan adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Parameter dasar dari antena mikrostrip adalah sebagai berikut

- Bahan *Phenolic White Paper – FR 2*
konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0019 m = 1,9 mm
loss tangent = 0,02
- Bahan pelapis substrat tembaga (konduktor)
ketebalan bahan konduktor (t) = 0,01 mm
konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m⁻¹
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω



Gambar 1 Bentuk Geometri Antena Mikrostrip *circular patch* dengan Slot *egg* dan stub pada *ground plane*.

(a) tampak depan; (b) tampak belakang. Sumber: Perancangan



Gambar 2 Geometri Slot Egg Sumber: Perencanaan

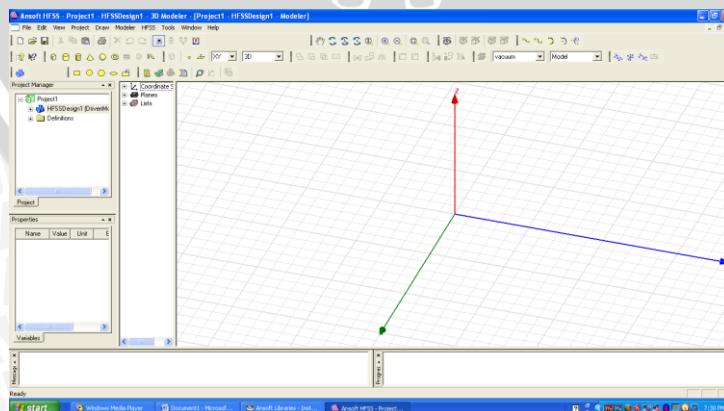
tabel 1 Dimensi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg

Variabel	Keterangan	Dimensi (mm)
a	Dimensi radius <i>circular patch</i>	10
L	Panjang saluran transmisi	5
W	Lebar saluran transmisi	3,217
L_s	Panjang stub	14,5
W_s	Lebar stub	6
L_g	Panjang <i>ground plane</i>	70
W_g	Lebar <i>ground plane</i>	52
a	Diameter setengah lingkaran	40
b	Setengah diameter sekunder	27,5

1. Membuat *Project* baru

Pada Jendela Ansoft HFSS, klik pada toolbar, atau pilih menu **File > New**

Dari menu **Project**, pilih **Insert HFSS Design**. Pada awal langkah akan muncul gambar seperti di bawah ini.

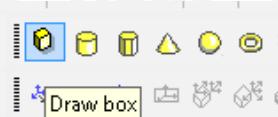


Gambar 3 *Interface*

2. Perancangan substrat

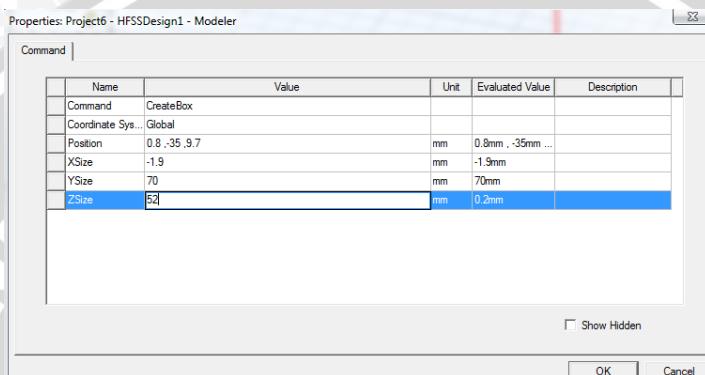
Adapun langkah-langkah untuk merancang substrat antena adalah :

- Pilih item *Draw* lalu pilih *box*



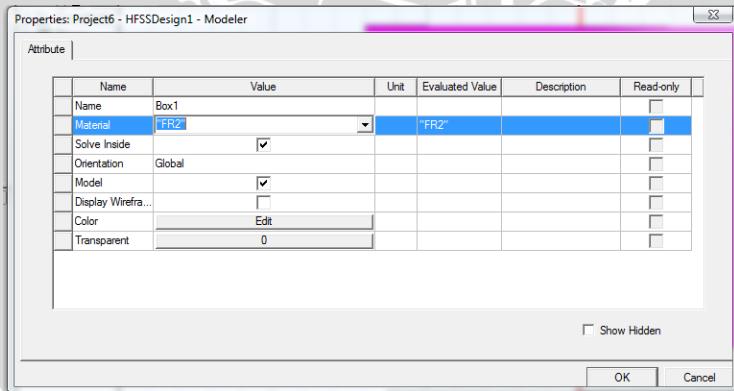
Gambar 4 **Draw Box**

- Masukkan nilai koordinatnya (besar dan arahnya)



Gambar 5 **Koordinat Box**

- Klik *attribute tab* dan kemudian isi namanya dengan substrat
- Klik material dan kemudian ganti materialnya menjadi *FR2*



Gambar 6 **Material Box**

3. Perancangan Patch

Langkah-langkah untuk merancang patch antena adalah :

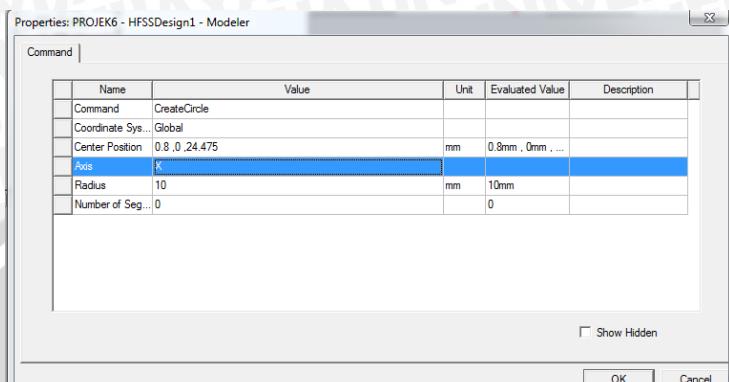
- Untuk *Circular patch*, kita harus membuat lingkaran. Untuk membuat lingkaran
 - Pilih item menu *Draw* lalu pilih *circle*



Draw circle

Gambar 7 Membuat lingkaran

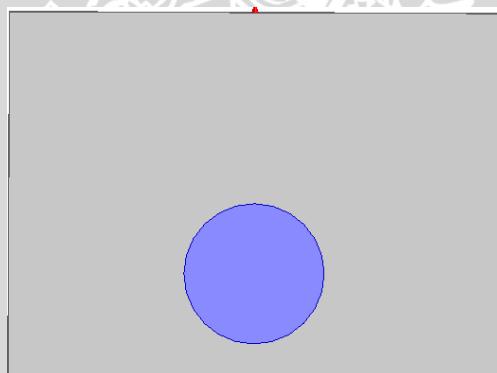
- b. Masukkan nilai koordinatnya (arah dan besarnya)



Gambar 8 Koordinat Lingkaran 1

- c. Klik *attribute tab* dan kemudian isi namanya dengan *Patch*

Setelah itu akan didapatkan *Circular Patch* seperti di bawah ini.



Gambar 9 Circular Patch

4. Perancangan saluran transmisi

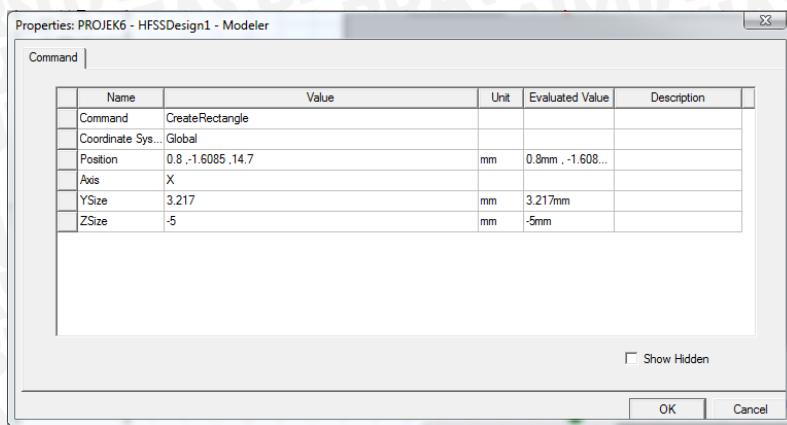
- a. Pilih *item* Draw lalu pilih rectangle



Draw rectangle

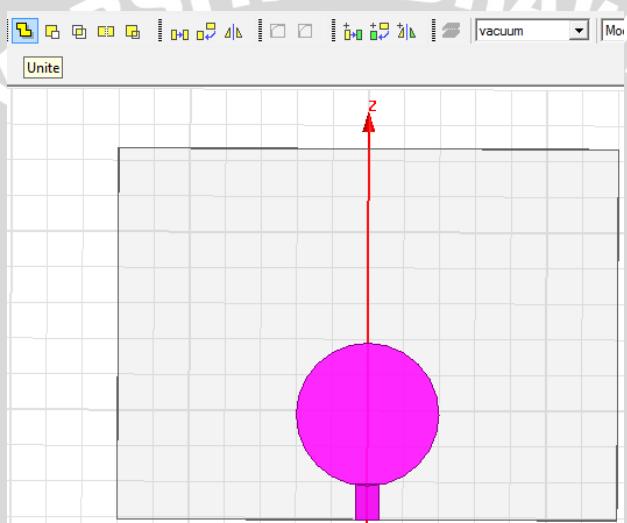
Gambar 10 Membuat Persegi Panjang

- b. Masukkan nilai koordinatnya (arah dan besarnya)



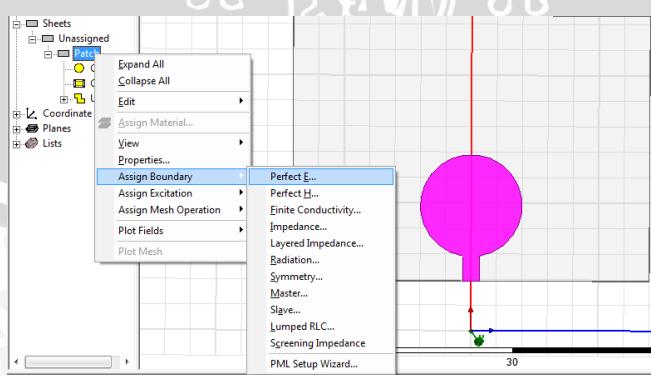
Gambar 11 Koordinat Persegi Panjang

c. Select Patch dan saluran transmisi lalu pilih unite



Gambar 12 Unite Patch dan saluran Transmisi

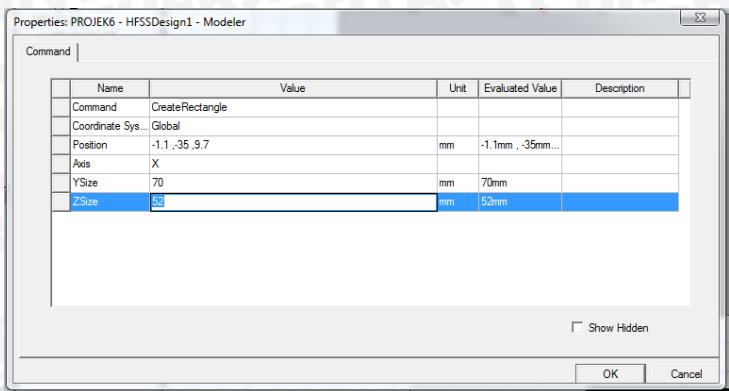
Untuk menetapkan bahwa *Patch* adalah elemen peradiasi, setting perfect E dengan *Select Patch*, klik kanan lalu set PerfE1 lalu ok



Gambar 13 Setting Perfect E

5. Perancangan *Groundplane*

- Pilih *item* Draw lalu pilih rectangle
- Masukkan nilai koordinatnya (arah dan besarnya)



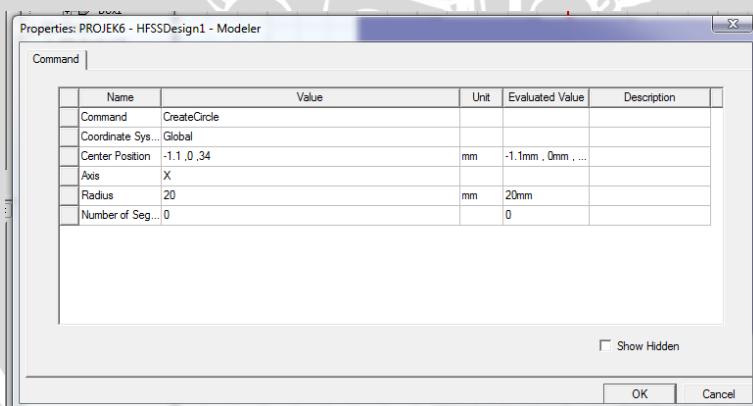
Gambar 14 Koordinat *Ground Plane*

- Klik *attribute tab* dan kemudian isi namanya dengan GroundPlane
- Pembuatan Slot Egg pada *Ground Plane*
 - Membuat setengah lingkaran dengan pilih *item* Draw lalu pilih circle



Gambar 15 Membuat Lingkaran

- Masukkan nilai koordinatnya (arah dan besarnya)



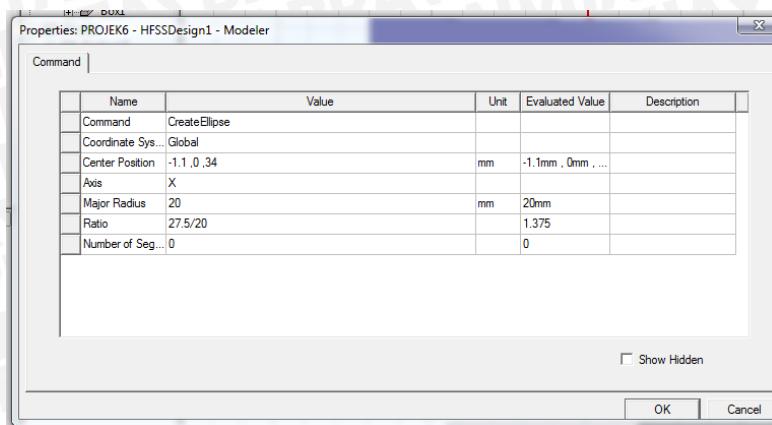
Gambar 16 Koordinat setengah lingkaran egg

- Kemudian membuat elips pilih *item* draw lalu pilih ellipse



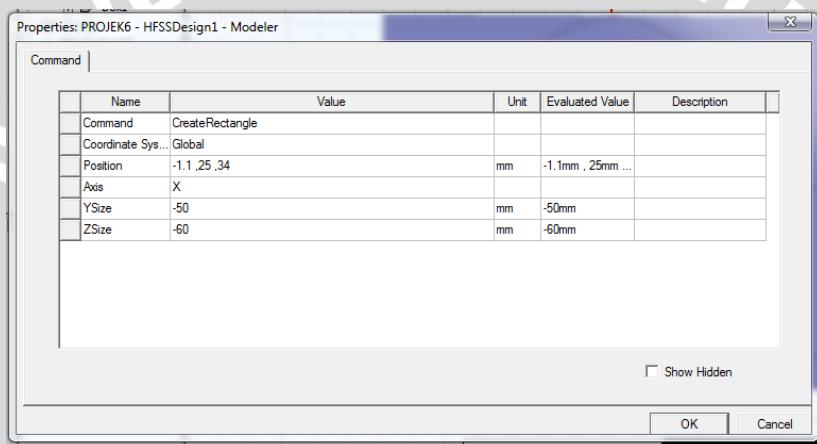
Gambar 17 Membuat ellipse

- Masukkan nilai koordinatnya (arah dan besarnya)



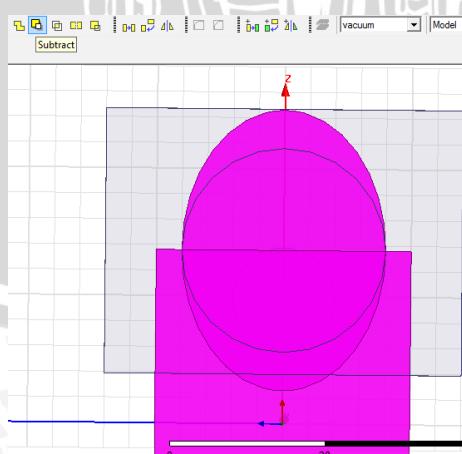
Gambar 18 Koordinat ellipse

- e. Untuk memotong ellipse sehingga didapat bentuk setengah ellipse sesuai dengan ukuran yang diinginkan, Pilih item Draw lalu pilih rectangle
- f. Masukkan nilai koordinatnya (arah dan besarnya)



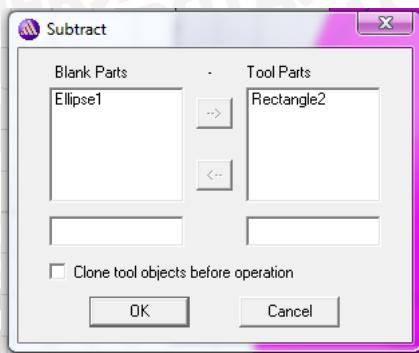
Gambar 19 Koordinat Persegi untuk Memotong ellipse

- g. Select ellipse and rectangle 1, lalu pilih subtract



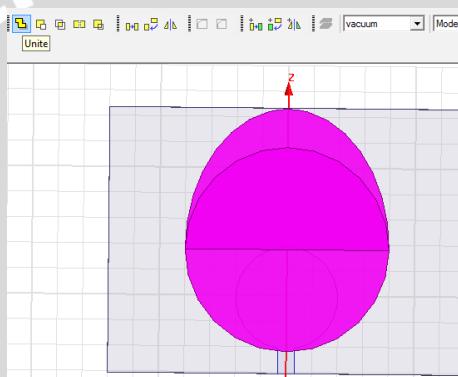
Gambar 20 Subtract ellipse dan rectangular

- h. Kemudian muncul kotak ini, pastikan *blank part* terisi dengan ellipse 1 dan *tool part* terisi dengan rectangle 2



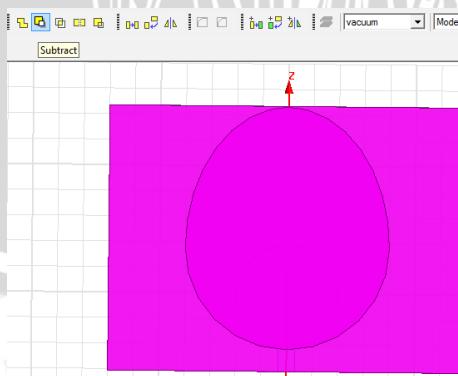
Gambar 21 *Subtract box*

- i. Untuk menjadikan *egg*, select ellipse dan *circle* , lalu pilih *unite*



Gambar 22 *Unite Ellipse dan circle*

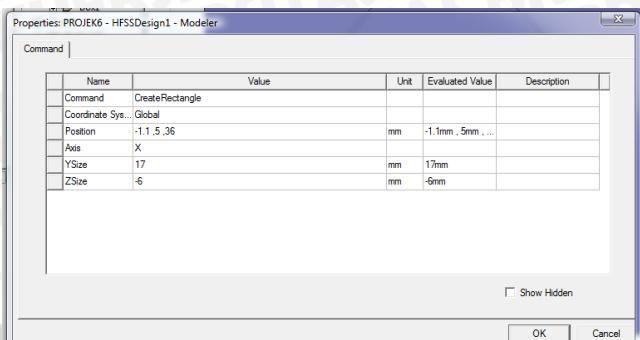
- j. Setelah *egg* terbentuk, saatnya mengaplikasikan bentuk *egg* pada ground plane sehingga terbentuk slot *egg* dengan cara *select ground plane* dan *egg* lalu pilih *subtract*



Gambar 23 *Subtract Ground Plane dan Egg*

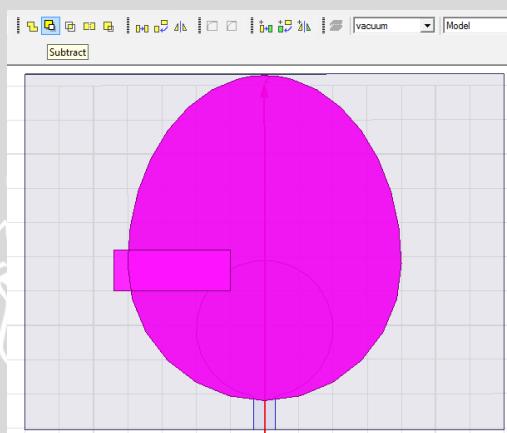
- k. Klik *attribute tab* dan kemudian isi namanya dengan *egg*

- Membuat stub dengan Pilih item Draw lalu pilih rectangle. Kemudian masukkan koordinatnya



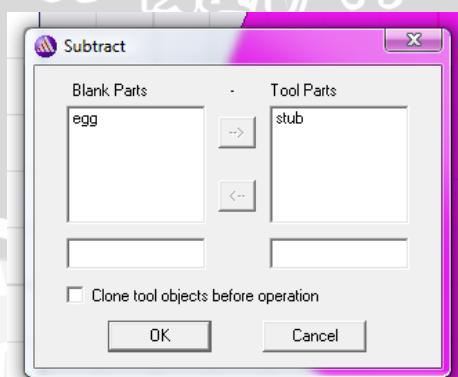
Gambar 24 Koordinat stub

- Klik *attribute tab* dan kemudian isi namanya dengan *stub*
- Agar stub terbentuk, select ellipse dna stub kemudian subtract



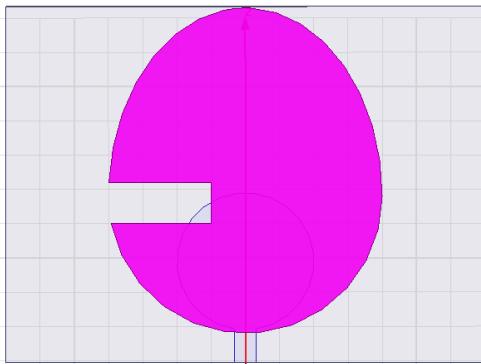
Gambar 25 Subtract egg dan stub

- Kemudian muncul kotak ini, pastikan *blank part* terisi dengan groundplane dan *tool part* terisi dengan ellipse 1



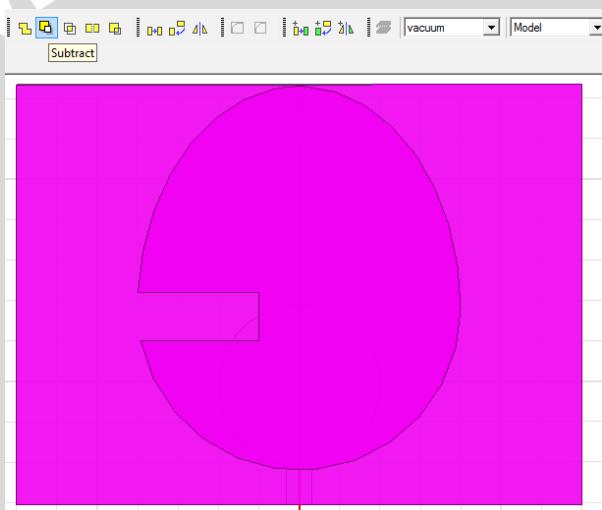
Gambar 26 Subtract box

Sehingga didapatkan hasil seperti di bawah ini.



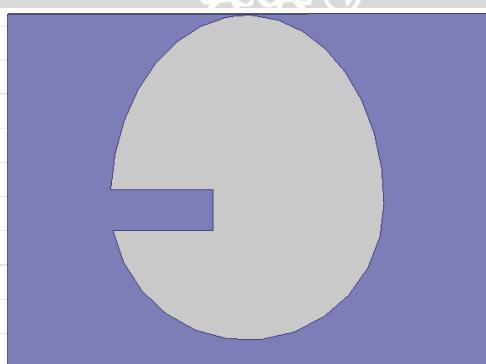
Gambar 27 *Slot egg*

- Setelah *egg* dan *stub* terbentuk, saatnya mengaplikasikan bentuk *egg* pada ground plane sehingga terbentuk slot *egg* dan *stub* dengan cara *select egg* dan ground plane lalu pilih *subtract*



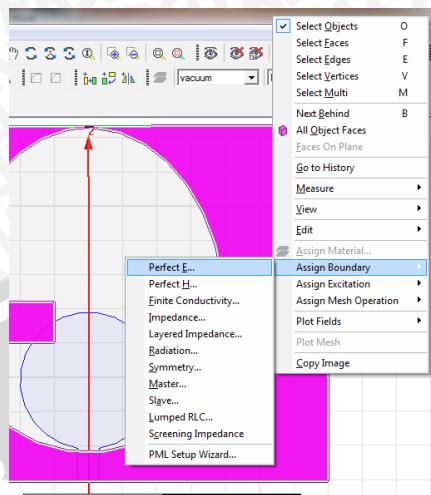
Gambar 28 *Subtract egg dan Ground Plane*

Sehingga didapatkan hasil seperti di bawah ini.

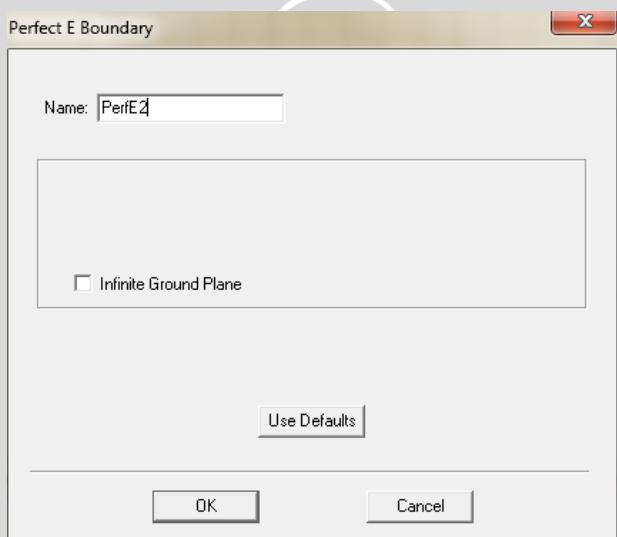


Gambar 29 *Slot egg dan stub*

- b. Untuk menetapkan perfect E pada ground plane, *Select* ground plane, klik kanan, set *assign boundary* lalu ok

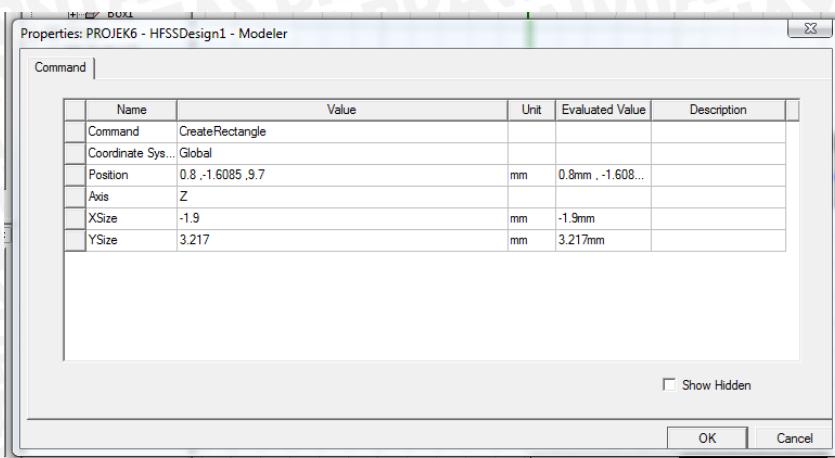


Gambar 30 *Assign boundary* pada *Ground plane*



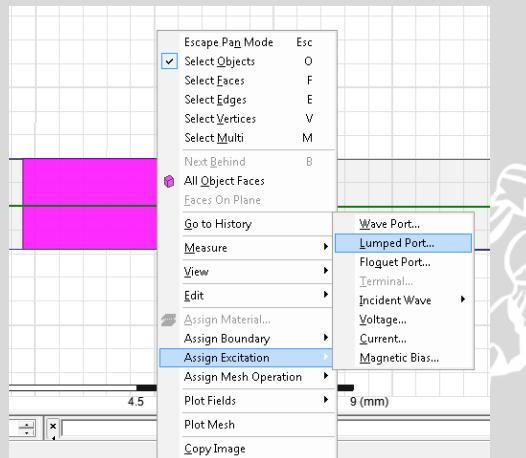
Gambar 31 *Set Perfect E*

7. Perancangan *port* saluran pencatu
 - a. Pada sisi bawah box, pilih item *Draw* lalu pilih *rectangle*
 - b. Tetapkan porosnya, yang menjadi poros adalah sumbu z
 - c. Masukkan nilai koordinatnya (besar dan arahnya)



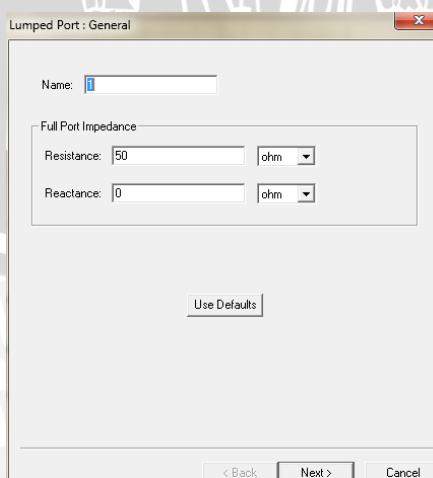
Gambar 32 Koordinat Port

- d. Selanjutnya setting lumped port dengan *Select rectangle*, klik kanan, pilih assign excitation lalu pilih lumped port



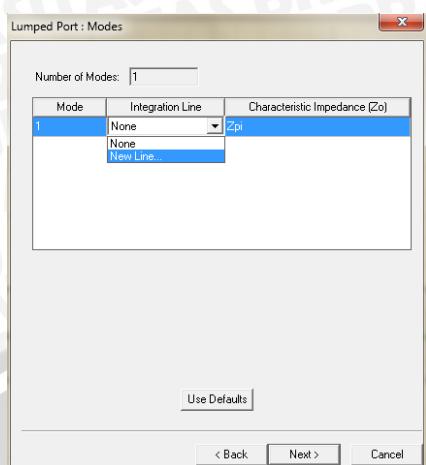
Gambar 33 Setting Lumped Port

- e. Tetapkan resistansi, kemudian pilih tombol next



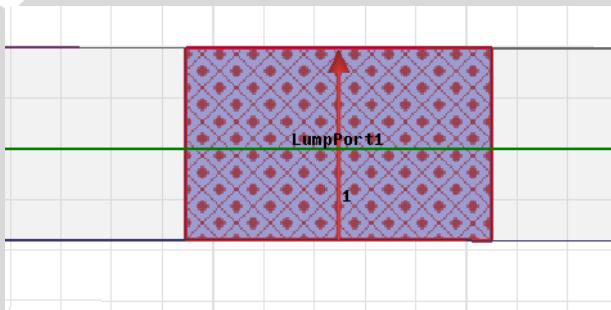
Gambar 34 Setting Resistansi Lumped Port

f. Pada integration line, defined new line



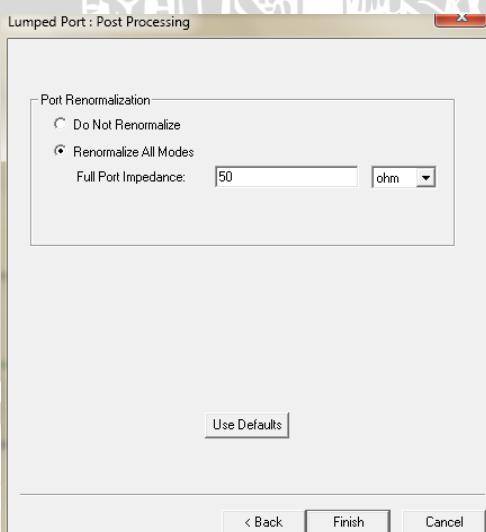
Gambar 35 *Defined New Line untuk Lumped Port*

g. Definisikan dengan panah dari arah ground plane ke arah saluran transmisi



Gambar 36 *Arah Panah pada Lumped Port*

h. klik finish

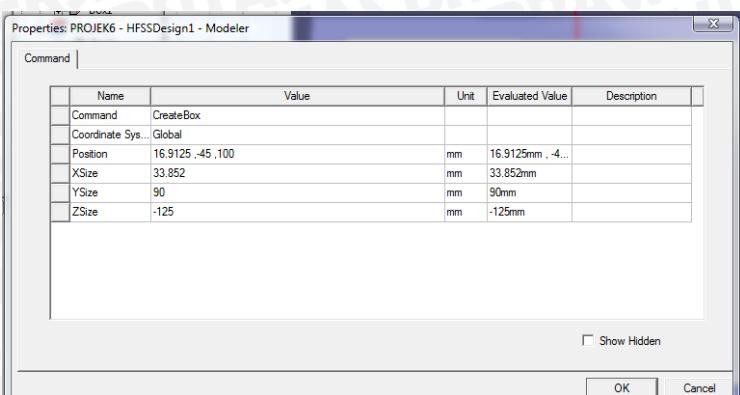


Gambar 37 *Setting Akhir Lumped Port*

8. Perancangan *Radiation Box*

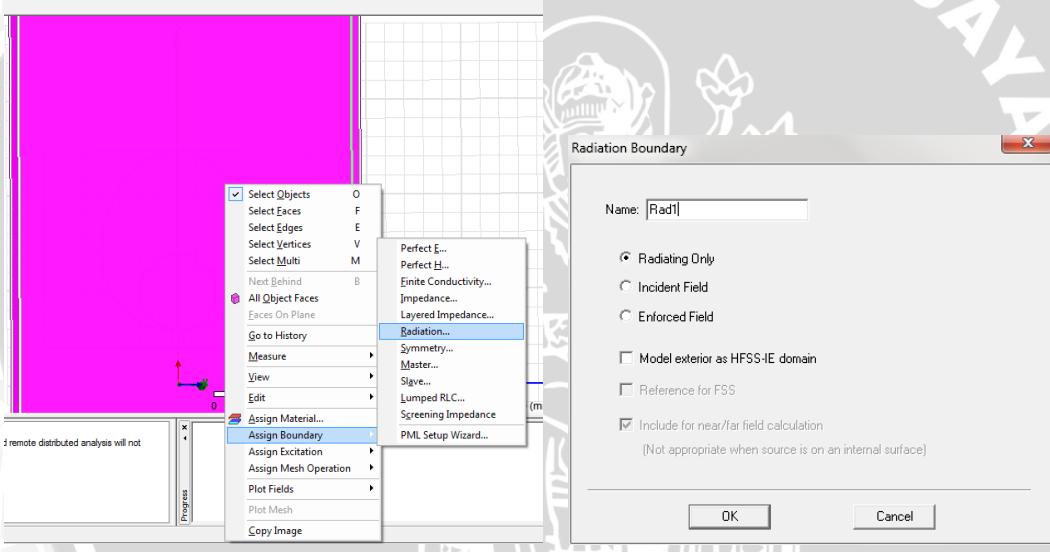
a. Pilih item *Draw* lalu pilih box

- b. Masukkan nilai koordinatnya (besar dan arahnya)



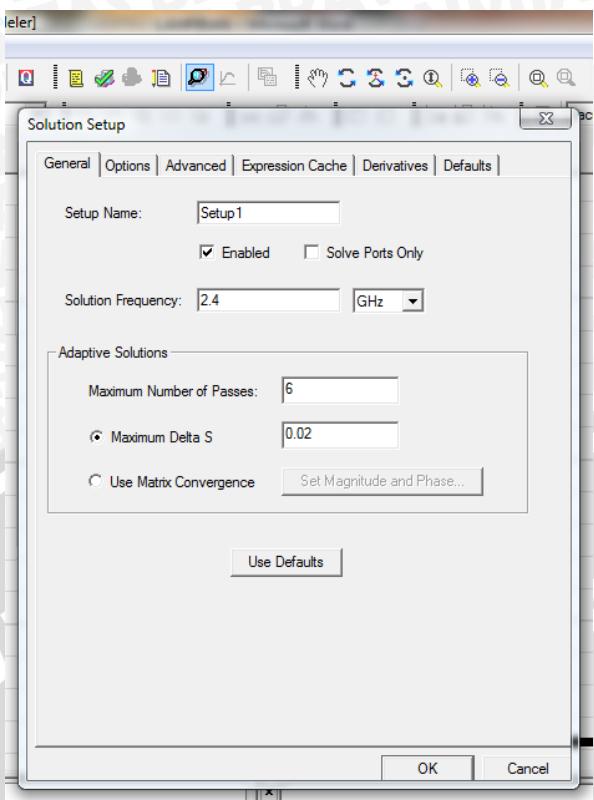
Gambar 38 Koordinat Radiation Box

- c. Klik *attribute tab* dan kemudian isi namanya dengan boundary
d. Klik kanan, pilih assign boundary, lalu pilih radiation



Gambar 39 Setting Radiation pada Radiation Box

9. Menjalankan Simulasi
a. Sebelum simulasi dijalankan, set solution setup dengan klik menu HFSS *solution setup*,



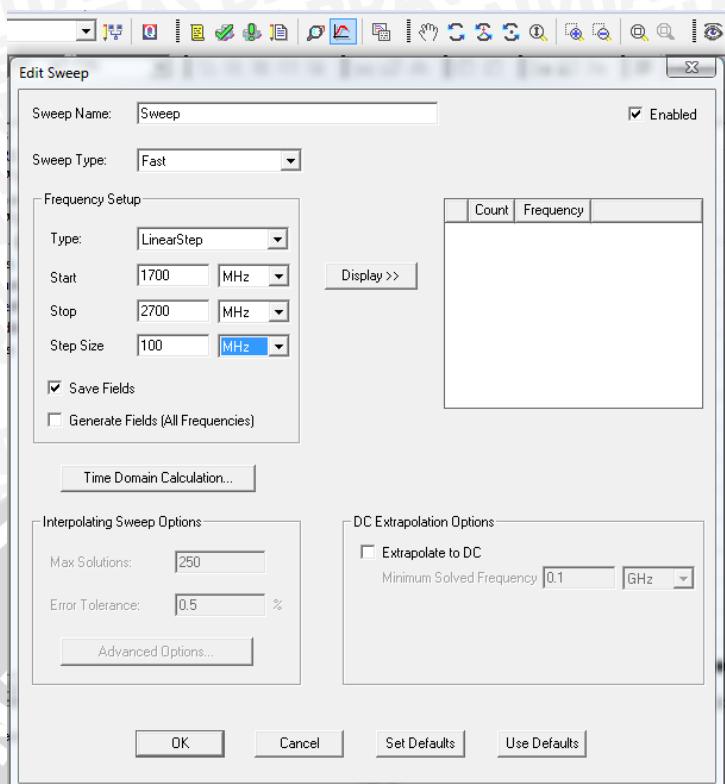
Gambar 40 Set Solution Setup

- b. Selanjutnya klik menu HFSS kemudian pilih *analysis setup* lalu pilih *add frequency sweep*.



Gambar 41 Add Frequency Sweep

- c. Pilih *solution setup*-nya *setup1* dan klik tombol OK. Kemudian edit *window sweep*-nya, atur *sweep type* menjadi *fast* dan atur frekuensi *start* sebesar 700 MHz, frekuensi *stop* 2700 MHz dan buat nilai *count* menjadi 100 Mhz. Lalu klik tombol OK.



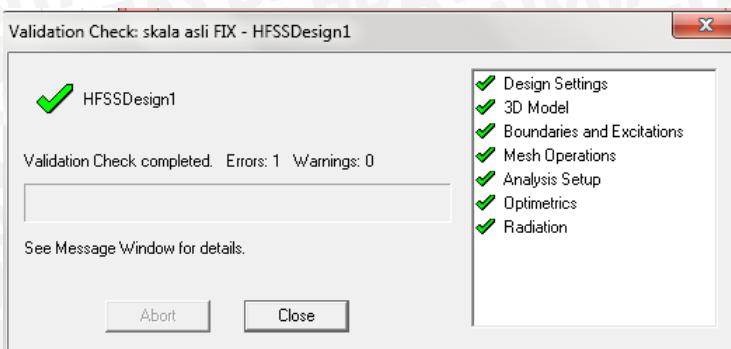
Gambar 42 Edit Sweep

- d. Setelah itu langkah selanjutnya adalah klik menu HFSS lalu pilih *validation check*.



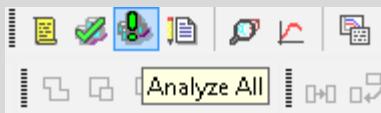
Gambar 43 Validation Check

Tujuan dari *validation check* ini adalah untuk memeriksa apakah model yang kita buat sudah layak dan benar untuk dijalankan. Jika model yang kita buat telah layak dan benar untuk dijalankan maka akan muncul tanda *check list* berwarna hijau. Tetapi jika belum maka akan muncul tanda silang berwarna merah. Hal ini menandakan bahwa ada *error* pada model yang kita buat. Untuk melihat pesan *error* gunakan *message manager* yang ada di sudut kanan bawah.



Gambar 44 *Interface Validation Check*

Jika ada salah satu dari keenam hal ini yang tidak terpenuhi (dalam hal ini ada *error*) maka proses simulasi tidak dapat dilanjutkan. Setelah melewati *validation check*, langkah selanjutnya adalah menganalisis model. Untuk menganalisis model ini caranya adalah dengan menekan menu HFSS lalu pilih *analyze*.



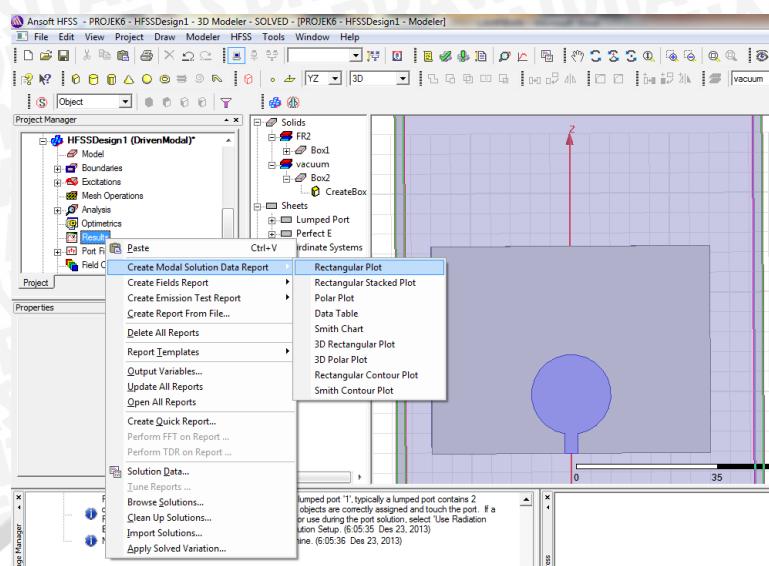
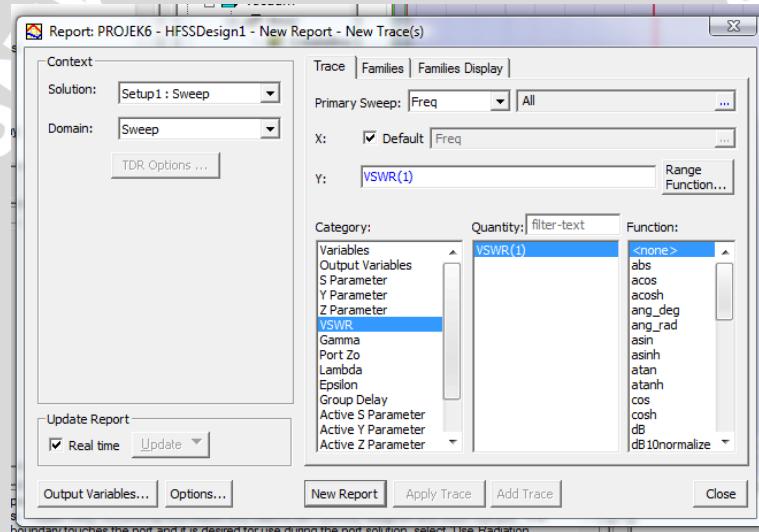
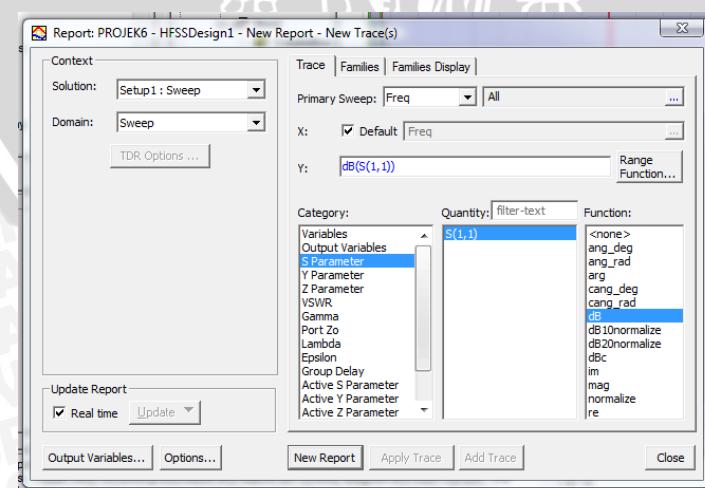
Gambar 45 *Analyze*

Proses menganalisis ini berlangsung sekitar 30 menit atau lebih. Setelah proses analisis selesai maka dapat ditampilkan grafik VSWR, pola radiasi, dan *gain* nya.

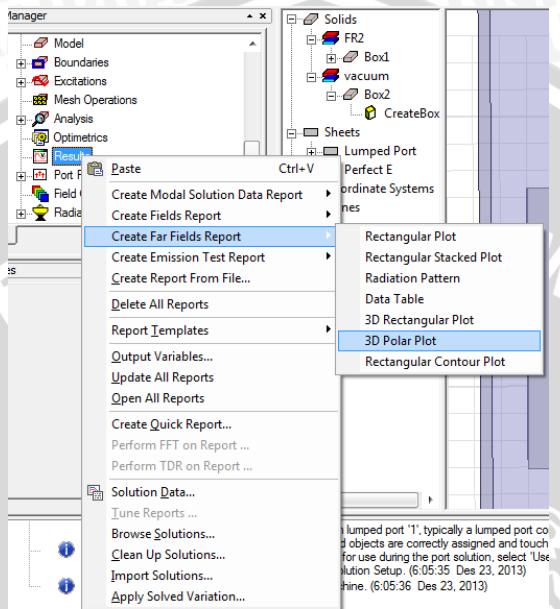
10. Menampilkan Hasil Simulasi

- Untuk menampilkan grafik VSWR, caranya adalah dengan menekan tombol HFSS lalu pilih *result* dan kemudian pilih *create modal solution data report*. kemudian rectangular plot. Setelah itu, pilih VSWR untuk menampilkan grafik VSWR dan S parameter untuk menampilkan grafik return loss

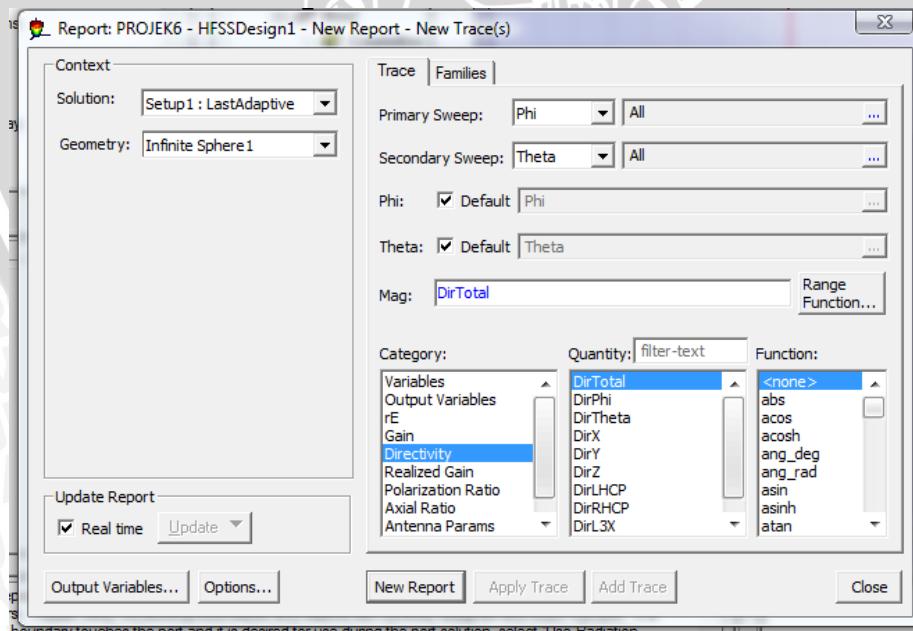


Gambar 46 Menampilkan *Modal Solution Report*Gambar 47 Menampilkan *Grafik VSWR*Gambar 48 Menampilkan *Grafik Return Loss*

- b. Untuk menampilkan pola radiasi, caranya adalah dengan menekan tombol HFSS lalu pilih *result* dan kemudian pilih *create report*. Atur *report type* menjadi *far field* dan atur *display set* menjadi *3D polar plot*, lalu tekan OK untuk memunculkan grafik 3D pola radiasi

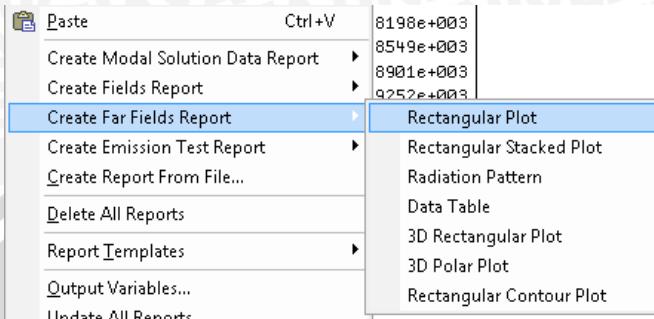


Gambar 49 Menampilkan *3D Polar Plot*

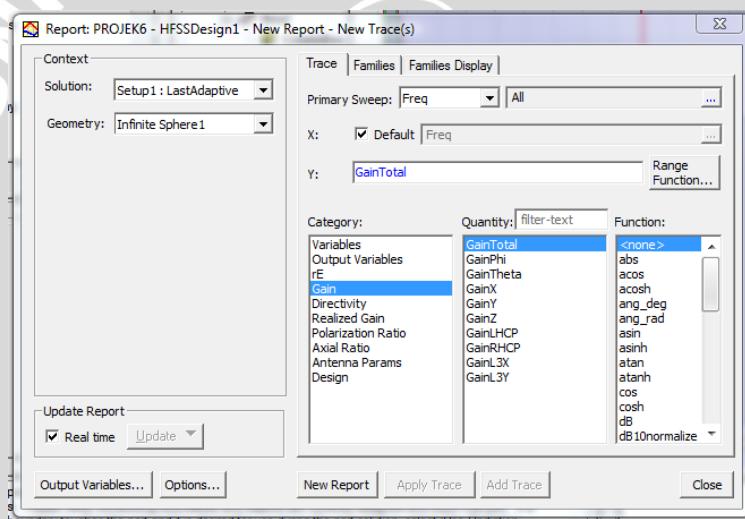


Gambar 50 Menampilkan *Grafik Pola Radiasi*

- c. Untuk menampilkan *gain*, caranya adalah dengan menekan tombol HFSS lalu pilih *result*, *create report*, *far field report* dan *rectangular*. Kemudian pada tab Y atur *category* menjadi *gain*, atur juga *quantity* menjadi *GainTotal*, kemudian tekan *new report* lalu tekan *done*. Maka akan muncul tabel *gain*.



Gambar 51 Menampilkan *Far Field Report*



Gambar 52 Menampilkan *Grafik Gain*

LAMPIRAN 2 DOKUMENTASI PENGUKURAN

Gambar 53 Antena Fabrikasi Mikrostrip *Circular Patch* dengan Slot Egg (Konfigurasi 65)
a. Tampak Depan; b. Tampak Belakang



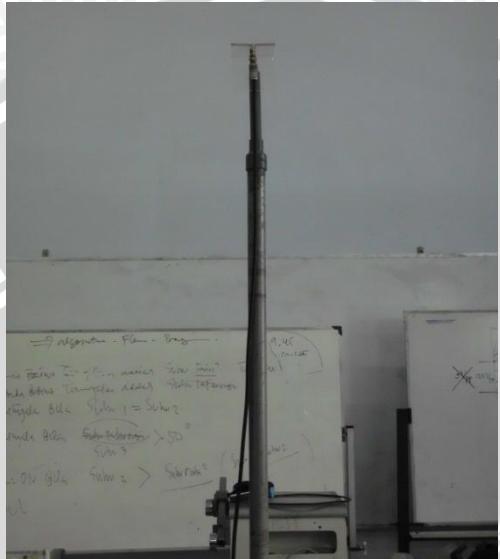
Gambar 54 Konektor Antena



Gambar 55 GW Insteek *Spectrum Analyzer* 2,7 GHz



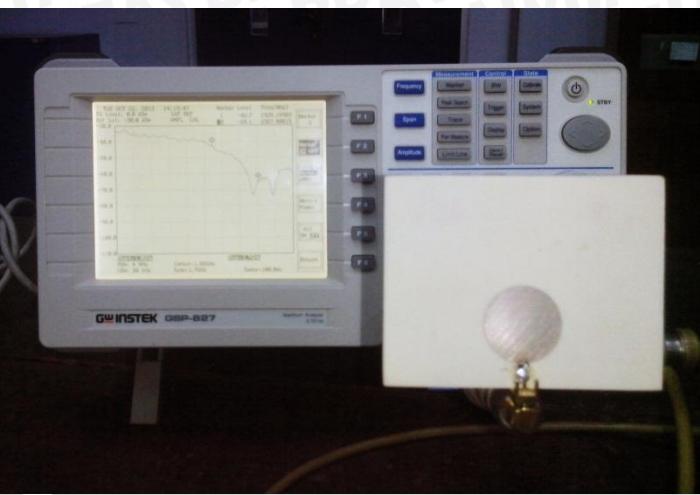
Gambar 56 *Directional Coupler*



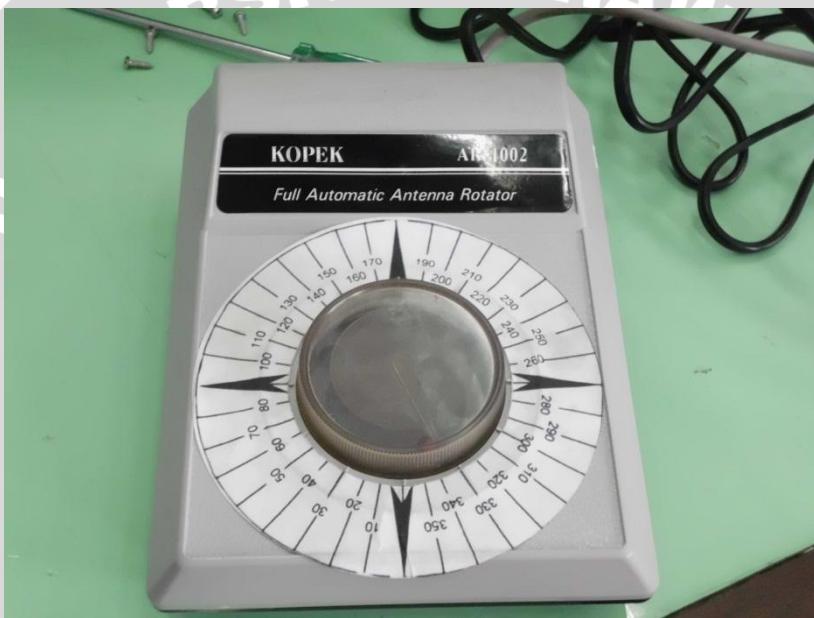
Gambar 57 *Antena Dipole $\lambda/2$*



Gambar 58 *Aeroflex IFR 3413 Signal Generator 250 kHz - 3 GHz*



Gambar 59 Rangkaian Pengukuran *Return Loss* Antena Referensi



Gambar 60 KOPEK *Full Automatic Antena Rotator*



Gambar 61 Rangkaian Pengukuran Antena Uji