

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP
EGG DENGAN SLOT PERSEGI PANJANG YANG BEKERJA
PADA FREKUENSI ULTRA WIDEBAND**

**SKRIPSI
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MICHAEL SONY ALEXANDER
NIM. 0910630078**

**KEMENTRIAN RISET DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**





LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP EGG
DENGAN SLOT PERSEGI PANJANG YANG BEKERJA PADA
FREKUENSI ULTRA WIDEBAND**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MICHAEL SONY ALEXANDER
NIM. 0910630078

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 17 Juni 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Muhammad Fauzan Edy Purnomo, S.T., M.T.
NIP. 19710609 200003 1 005

Dwi Fadila Kurniawan, S.T., M.T.
NIP. 19720630 200003 1 002



LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP EGG
DENGAN SLOT PERSEGI PANJANG YANG BEKERJA PADA
FREKUENSI ULTRA WIDEBAND**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

MICHAEL SONY ALEXANDER

NIM. 0910630078

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus sidang skripsi
Pada tanggal 27 Mei 2016

DOSEN PENGUJI

Ir. Erfan Achmad Dahlan, M.T.

NIP. 19530714 198203 1 003

Rusmi Ambarwati, S.T., M.T.

NIP. 19720204 200003 2 002

Rudy Yuwono, S.T., M.Sc

NIP. 19710615 199802 1 003

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., PhD

NIP. 19741203 200012 1 001



PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang telah memberikan berkat dan kasih sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot Persegi Panjang yang Bekerja pada Frekuensi *Ultra Wideband*” yang diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penulis turut menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak M. Aziz Muslim, ST., M.Sc, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
2. Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro
3. Bapak Mochammad Rif'an, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro
4. Ibu Rusmi Ambarwati, S.T., M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen dan Keahlian Telekomunikasi
5. Bapak Muhammad Fauzan Edy Purnomo, S.T., M.T. dan Bapak Dwi Fadila Kurniawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing skripsi yang banyak memberikan motivasi, saran, nasehat dan waktu untuk dalam mendukung pengerjaan skripsi ini
6. Bapa, Mama, Sonya, dan Sandro yang selalu memberikan dukungan doa dan semangat yang tak ternilai
7. Atan, Ale, Abel, dan Belinda yang selalu memberikan keceriaan dan kelucuan dalam hidupku
8. Keluarga Opung Hembang, Bapakua, Mamatua, Tante Grace, Tante Hana, Kak Melda, Bang Siagian, Kak Abel, Bang Pasaribu, Bang Holmes, Kak Delima dan Bang Nando yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini

9. Teman-teman Asrama Universitas Brawijaya, Hasbi, Dimas, Dika, dan Andre yang sama-sama berjuang kuliah
10. Teman-teman elektro khususnya Fredrick yang selalu membantu dalam pengerjaan skripsi
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun mengenai penelitian sangat diharapkan. Semoga penelitian dapat bermanfaat.

Malang, Juni 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR GRAFIK.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
RINGKASAN.....	xiv
 BAB I	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II	
2.1 Konsep Dasar Antena.....	5
2.1.1 Umum.....	5
2.1.2 Proses Gelombang Elektrik Menjadi Gelombang Elektromagnetik oleh Antena.....	5
2.1.3 Parameter Antena.....	6
2.1.3.1 <i>Bandwidth</i>	6
2.1.3.2 <i>Gain</i>	7
2.1.3.3 Pola Radiasi.....	8
2.1.3.4 Polarisasi.....	11
2.1.3.5 <i>Return Loss</i>	10

2.1.3.5.1 Hubungan <i>Return Loss</i> dengan Frekuensi.....	12
2.1.3.6 VSWR.....	13
2.3.3.7 Impedansi Masukan.....	13
2.1.4 Antena Mikrostrip.....	15
2.1.5 <i>Ultra Wideband</i>	16
2.2 Perancangan Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang pada Frekuensi <i>Ultra Wideband</i>	18
2.2.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor.....	18
2.2.2 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi.....	18
2.2.2.1 Perencanaan Dimensi <i>Patch</i>	19
2.2.2.2 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi.....	19
2.2.2.3 Perencanaan Dimensi <i>Ground Plane</i>	20
2.2.2.4 Perencanaan Dimensi Slot Persegi Panjang.....	21
2.3 CST <i>Studio Suite</i>	22

BAB III

3.1 Studi Literatur.....	24
3.2 Pengumpulan Data.....	24
3.3 Perancangan dan Simulasi.....	24
3.4 Pengujian.....	26
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>	27
3.4.3 Pengukuran Polarisasi.....	28
3.4.4 Pengukuran Pola Radiasi.....	28
3.5 Analisis.....	29
3.5.1 Bandwith.....	29
3.5.2 <i>Gain</i>	30
3.5.3 Polarisasi.....	30
3.5.4 Pola Radiasi.....	31
3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	31
3.7 Rencana Kegiatan.....	32

BAB IV

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>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>Persegi Panjang</i>	36
4.6 Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang.....	36
4.6.1 Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang menggunakan Simulator CST.....	38
4.6.1.1 Optimasi <i>Patch</i> dan Saluran Transmisi.....	38
4.6.1.1.1 Optimasi Dimensi <i>Patch Egg</i>	38
4.6.1.1.2 Optimasi Saluran Transmisi.....	39
4.6.1.2 Optimasi Slot Persegi Panjang.....	40
4.6.1.2.1 Dimensi Slot Persegi Panjang.....	40
4.6.1.2.2 Letak Slot Persegi Panjang.....	41
4.6.1.3 <i>Bandwith</i> (VSWR dan <i>Return Loss</i>).....	43
4.6.1.3.1 VSWR.....	43
4.6.1.3.2 <i>Return Loss</i>	44
4.6.1.4 <i>Gain</i>	45
4.6.1.5 Polarisasi.....	46
4.6.1.6 Pola Radiasi.....	47
4.6.2 Simulasi Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Menggunakan Simulator CST.....	49
4.6.2.1 <i>Bandwith</i> (VSWR dan <i>Return Loss</i>).....	50
4.6.2.1.1 VSWR.....	50
4.6.2.1.2 <i>Return Loss</i>	51
4.6.2.2 <i>Gain</i>	52
4.6.2.3 Polarisasi.....	53
4.6.2.4 Pola Radiasi.....	54

4.7 Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang dan Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot.....	56
---	----

BAB V

5.1 Tinjauan Umum.....	57
5.2 Pengukuran <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul, dan Perhitungan VSWR.....	57
5.2.1 Alat-Alat yang Digunakan.....	57
5.2.2 Prosedur Pengukuran.....	58
5.2.3 Hasil Pengukuran.....	58
5.2.4 Analisis Hasil Pengukuran.....	60
5.3 Pengukuran <i>Gain</i>	60
5.3.1 Alat-Alat yang Digunakan.....	61
5.3.2 Prosedur Pengukuran.....	61
5.3.3 Hasil Pengukuran.....	62
5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran.....	63
5.4 Pengukuran Polarisasi.....	63
5.4.1 Alat-Alat yang Digunakan.....	63
5.4.2 Prosedur Pengukuran.....	63
5.4.3 Hasil Pengukuran.....	65
5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran.....	66
5.5 Pengukuran Pola Radiasi.....	66
5.5.1 Alat-Alat yang Digunakan.....	66
5.5.2 Prosedur Pengukuran.....	66
5.5.3 Hasil Pengukuran.....	69
5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran.....	71
5.6 Analisis Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip Berdasarkan Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran.....	71
5.6.1 <i>Bandwith</i> (<i>Return Loss</i> dan VSWR).....	72
5.6.1.1 <i>Return Loss</i>	72
5.6.1.2 VSWR.....	73
5.6.2 <i>Gain</i>	75
5.6.3 Polarisasi.....	76

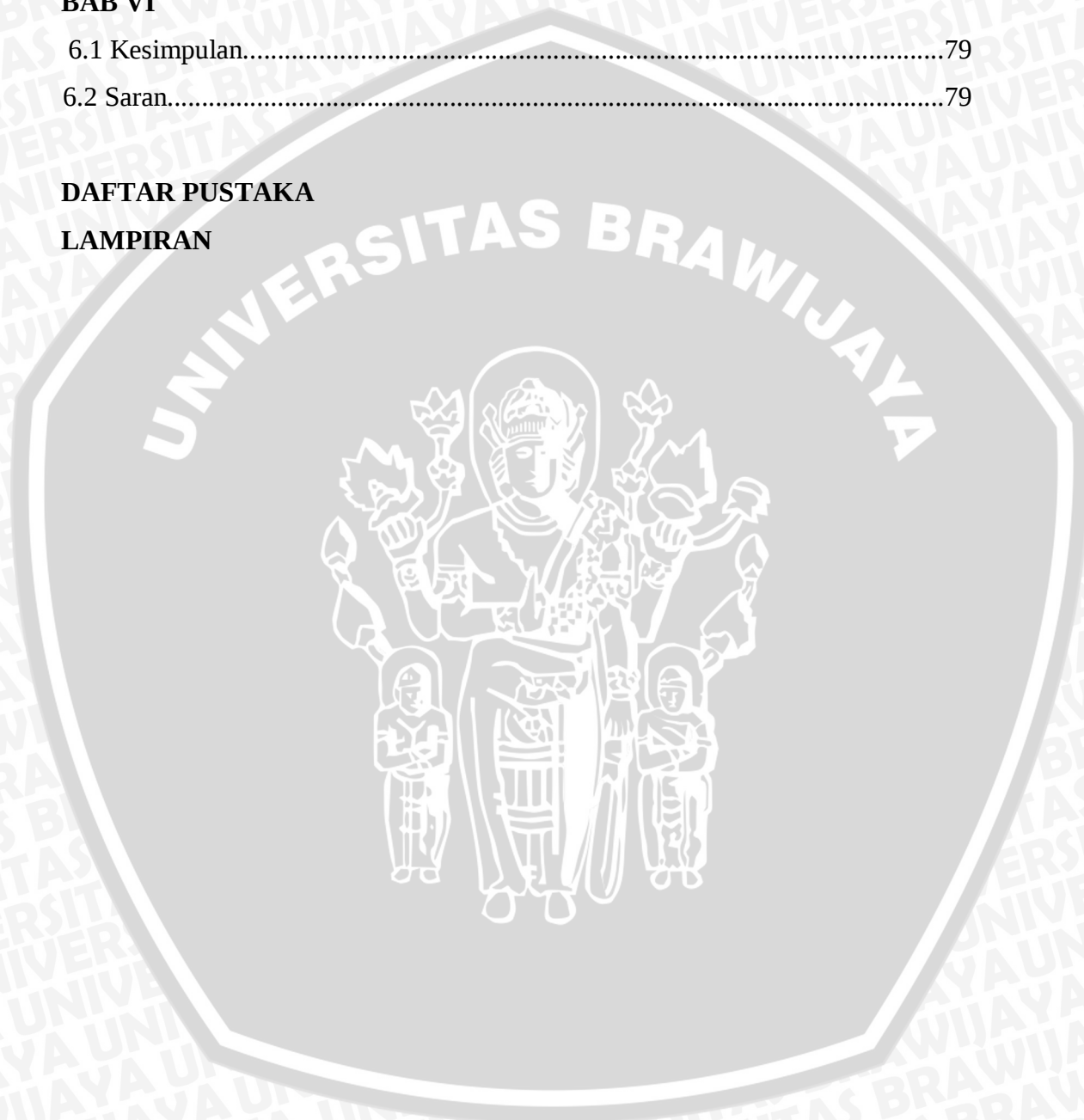
5.6.4 Pola Radiasi.....	76
5.7 Analisis Pemenuhan Kriteria Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang Sebagai Antena UWB.....	78

BAB VI

6.1 Kesimpulan.....	79
6.2 Saran.....	79

DAFTAR PUSTAKA

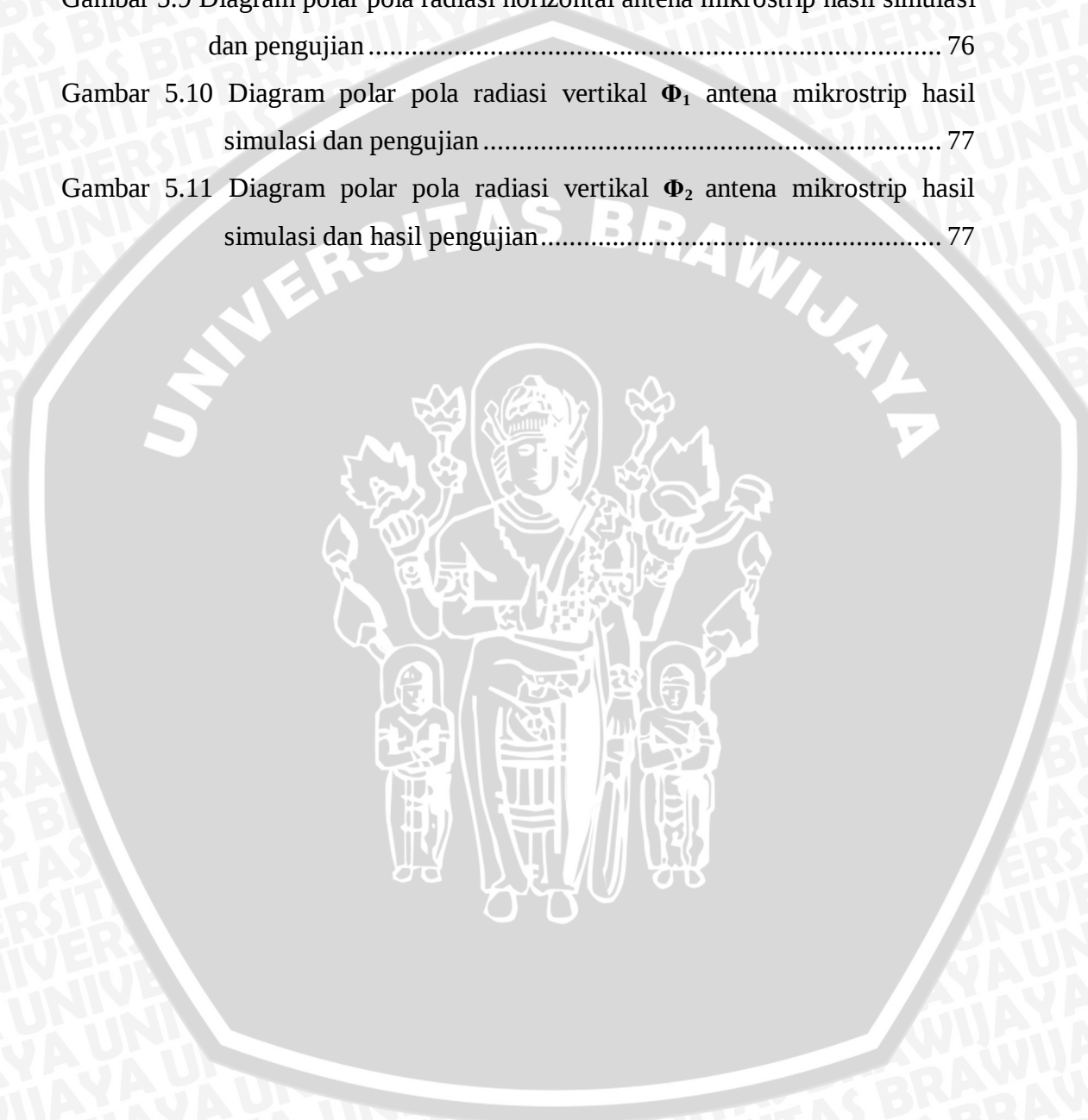
LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lobe-lobe pola radiasi.....	8
Gambar 2.2 Rangkaian ekivalen antena pemancar.....	14
Gambar 2.3 Struktur antena mikrostrip.....	16
Gambar 2.4 Berbagai bentuk elemen <i>patch</i> mikrostrip	16
Gambar 2.5 Geometri <i>patch egg</i>	19
 Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian	23
Gambar 3.2 Diagram alir perancangan dan pembuatan antena mikrostrip	26
Gambar 3.3 Diagram alir analisa <i>bandwidth</i> antena mikrostrip.....	29
Gambar 3.4 Diagram alir analisa <i>gain</i> antena mikrostrip	30
Gambar 3.5 Diagram alir analisa polarisasi antena mikrostrip	30
Gambar 3.6 Diagram alir analisa pola Radiasi antena mikrostrip	31
 Gambar 4.1 Geometri <i>patch egg</i>	34
Gambar 4.2 Bentuk geometri antena mikrostrip <i>egg</i> dengan slot Persegi Panjang (sebelum optimasi)	37
Gambar 4.3 Diagram polar pola radiasi antena mikrostrip <i>egg</i> dengan slot Persegi Panjang pada frekuensi 2100 MHz.	48
Gambar 4.4 Gambar 3D pola radiasi antena mikrostrip <i>egg</i> dengan slot Persegi Panjang pada frekuensi 2100 MHz.	48
Gambar 4.5 Bentuk geometri antena mikrostrip <i>egg</i> tanpa slot	49
Gambar 4.6 Diagram polar pola radiasi antena mikrostrip <i>egg</i> tanpa slot pada frekuensi 2100 MHz	55
Gambar 4.7 Gambar 3D pola radiasi antena mikrostrip <i>egg</i> tanpa slot pada frekuensi 2100 MHz.	55
 Gambar 5.1 Rangkaian pengukuran <i>return loss</i>	58
Gambar 5.2 Rangkaian pengukuran <i>gain</i> antena	61
Gambar 5.3 Rangkaian pengukuran polarisasi antena	64
Gambar 5.4 Diagram polar polarisasi antena uji	66

Gambar 5.5 Rangkaian pengukuran pola radiasi horizontal antenna uji	67
Gambar 5.6 Rangkaian pengukuran pola radiasi vertikal antenna uji	68
Gambar 5.7 Diagram polar pola Radiasi horizontal antenna uji	70
Gambar 5.8 Diagram polar pola Radiasi vertikal antenna uji	71
Gambar 5.9 Diagram polar pola radiasi horizontal antenna mikrostrip hasil simulasi dan pengujian	76
Gambar 5.10 Diagram polar pola radiasi vertikal Φ_1 antenna mikrostrip hasil simulasi dan pengujian	77
Gambar 5.11 Diagram polar pola radiasi vertikal Φ_2 antenna mikrostrip hasil simulasi dan hasil pengujian	77



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik <i>Return Loss</i> Terhadap Frekuensi (sebelum optimasi)	37
Grafik 4.2 Grafik <i>Return Loss</i> Terhadap Frekuensi (setelah optimasi <i>patch</i> dan saluran transmisi)	40
Grafik 4.3 Grafik VSWR Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang	43
Grafik 4.4 Grafik <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang	44
Grafik 4.5 Grafik <i>Gain</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang	45
Grafik 4.6 Grafik <i>Axial Ratio</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang	46
Grafik 4.7 Grafik VSWR Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot	50
Grafik 4.8 Grafik <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip Tanpa Slot	51
Grafik 4.9 Grafik <i>Gain</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot	52
Grafik 4.10 Grafik <i>Axial Ratio</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot	53
Grafik 5.1 Grafik Fungsi <i>Return Loss</i> Antena Uji Terhadap Frekuensi	59
Grafik 5.2 Grafik Fungsi VSWR Antena Uji Terhadap Frekuensi	60
Grafik 5.3 Grafik Fungsi <i>Gain</i> Antena Uji Terhadap Frekuensi	62
Grafik 5.4 Grafik Fungsi <i>Return Loss</i> Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian	72
Grafik 5.5 Grafik Fungsi VSWR Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian	73
Grafik 5.6 Grafik Fungsi <i>Gain</i> Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rentang Frekuensi pada Aplikasi Sistem <i>Ultra Wideband</i>	17
Tabel 3.1 Rencana kegiatan.....	32
Tabel 4.1 Tabel Optimasi <i>Patch Egg</i>	38
Tabel 4.2 Tabel Optimasi Panjang Saluran Transmisi.....	39
Tabel 4.3 Tabel Optimasi Dimensi Slot Persegi Panjang	41
Tabel 4.4 Tabel Variasi Jarak Slot Persegi Panjang Terhadap <i>Patch</i>	41
Tabel 4.5 Tabel Dimensi Konfigurasi 15.....	42
Tabel 4.6 Tabel VSWR Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang	43
Tabel 4.7 Tabel <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang.....	44
Tabel 4.8 Tabel <i>Gain</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang.....	45
Tabel 4.9 Tabel <i>Axial Ratio</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot	46
Tabel 4.10 Tabel VSWR Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot.....	50
Tabel 4.11 Tabel <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot	51
Tabel 4.12 Tabel <i>Gain</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot	52
Tabel 4.13 Tabel <i>Axial Ratio</i> Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot	53
Tabel 4.14 Tabulasi Hasil Simulasi Perbandingan Antena Mikrostrip <i>Egg</i> dengan Slot Persegi Panjang Terhadap Antena Mikrostrip <i>Egg</i> Tanpa Slot ..	56
Tabel 5.1 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> , Perhitungan Koefisien Pantul, dan Perhitungan VSWR Antena Uji	59
Tabel 5.2 Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Antena Uji.....	62
Tabel 5.3 Hasil Pengukuran Polarisasi pada Antena Uji	65
Tabel 5.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi pada Antena Uji.....	69
Tabel 5.5 Tabulasi Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Pengujian.....	72
Tabel 5.6 Perbandingan <i>Return Loss</i> Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian...	73
Tabel 5.7 Perbandingan VSWR Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian.....	74

Tabel 5.8 Perbandingan *Gain* Hasil Simulasi dan Pengujian..... 75

Tabel 5.9 Tabulasi Perbandingan Syarat *Antena UWB* Berdasarkan FCC terhadap
Hasil Antena Mikrostrip *Egg* dengan Persegi Panjang 78



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 LANGKAH-LANGKAH SIMULASI CST STUDIO	81
LAMPIRAN 2 DOKUMENTASI PEMBUATAN ANTENA.....	94
LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI PENGUKURAN ANTENA	96





RINGKASAN

Michael Sony Alexander, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2016, *Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Egg dengan Slot Persegi Panjang yang Bekerja pada Frekuensi Ultra Wideband*, Dosen Pembimbing : Muhammad Fauzan Edy Purnomo dan Dwi Fadila Kurniawan.

Penelitian ini membahas mengenai perancangan dan pembuatan antena mikrostrip dengan *patch* berbentuk *egg* dan slot pada *ground plane* berbentuk persegi panjang sehingga antena tersebut dapat bekerja pada frekuensi *Ultra Wideband*. Dimensi antena mikrostrip diperoleh melalui perhitungan dan proses optimasi. Simulator yang digunakan dalam menganalisa performansi antena adalah *CST Microwave Studio Suite*. Fabrikasi antenna mikrostrip ini menggunakan bahan substrat *Phenolic White Paper* – FR4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r)= 4,5. Hasil pengukuran antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang menunjukkan bahwa antena tersebut dapat bekerja pada frekuensi 1800 – 2400 MHz dengan *bandwidth* sebesar 600 MHz. Nilai *gain* pada frekuensi kerja 2100 MHz sebesar 6,135 dBi. Antena memiliki polarisasi elips dengan jenis pola radiasi *omnidirectional*.

Kata Kunci : Antena Mikrostrip, *Egg*, Persegi Panjang, *Ultra Wideband*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Selama beberapa dekade ini, teknologi nirkabel berkembang pesat. Teknologi ini tidak dapat dipisahkan dari antena sebagai elemen penting dari aplikasi *radio frequency* (RF). Antena berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan atau menerima sinyal – sinyal informasi yang dibawa gelombang radio. Dengan kata lain antena adalah sebagai media peralihan antara ruang bebas dengan saluran transmisi yang berfungsi untuk merubah energi gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya. Dengan menggunakan teknologi *radio frequency* (RF), jaringan mentransmisikan dan menerima data melalui udara sehingga meminimalisasi penggunaan koneksi menggunakan kabel. Informasi yang ditransmisikan melalui udara mempunyai fenomena seperti cahaya, artinya bila sinyal tersebut terhalang maka sinyal informasi tidak dapat diterima oleh penerima yang ada dibalik penghalang itu, meskipun daya yang ditransmisikan sangat kuat. Oleh karna itu, dibutuhkan kehandalan teknologi yang dipakai untuk menunjang keberhasilan proses transmisi.

Teknologi antena mikrostrip menjadi salah satu alternatif utama karena sudah terbukti sangat handal dalam penggunaannya pada frekuensi orde giga hertz. Antena mikrostrip adalah antena yang dibentuk dari suatu saluran transmisi, dan *microstrip*-nya mempunyai pengertian suatu lapisan tipis konduktor (*strip*) yang berfungsi untuk merambatkan gelombang, lapisan ini terdapat pada salah satu sisi permukaan substrat sedangkan pada permukaan sisi lainnya dilapisi konduktor sebagai bidang pentanahan (*ground plane*). Antena mikrostrip bekerja pada alokasi frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz) sehingga antena mikrostrip dapat digunakan untuk antena telepon seluler/nirkabel maupun komunikasi satelit (Fajar, 2009:2).

Perkembangan teknologi nirkabel menuntut kecepatan data yang tinggi guna menunjang kelancaran proses berbagi informasi baik berupa data, gambar, suara, maupun video. Kebutuhan tersebut membutuhkan performansi maksimal dari sebuah antena salah satunya dengan mengaplikasikan teknologi *ultra wideband*.

Selain itu, perkembangan teknologi nirkabel semakin merujuk pada dimensi perangkat yang semakin berukuran kecil. Antena mikrostrip merupakan salah satu jawaban untuk menjawab tantangan tersebut. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki massa ringan, mudah untuk difabrikasi, dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antena lain. Namun antena mikrostrip memiliki beberapa kekurangan yaitu *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Mengacu pada permasalahan yang diuraikan dalam latar belakang maka rumusan masalah ditekankan pada :

1. Bagaimana merancang antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang yang dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband* (UWB)?
2. Bagaimana melakukan simulasi pada antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang menggunakan program simulator antena CST *Studio Suite*?
3. Bagaimana pengukuran terhadap antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang yang telah difabrikasi agar dapat diketahui performansi antena yang meliputi *bandwidth* (VSWR dan *return loss*), *gain*, polarisasi, dan pola radiasi?

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak membahas pola perambatan gelombang elektromagnetik di ruang bebas
2. Rugi-rugi perambatan gelombang elektromagnetik di ruang terbuka tidak diperhitungkan.
3. Antena yang dirancang adalah antena mikrostrip yang digunakan sebagai antena untuk aplikasi *ultra wideband*.
4. Tidak membahas karakteristik alat ukur dan sarana pendukungnya.
5. Rumus-rumus yang digunakan adalah rumus dasar perancangan antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang dan saluran transmisi.
6. Tidak membahas tentang penurunan rumus dari semua rumus yang digunakan.
7. Hanya membahas pemodelan saluran transmisi untuk menganalisa antena dan tidak membahas model *cavity*, metode momen, GTD (*Geometrical Theory of Diffraction*) dan FDTD (*Finite Difference Time Domain*).
8. Hanya membahas teknologi *ultra wideband* pada ruang lingkup perancangan antena *ultra wideband*.

1.4 TUJUAN

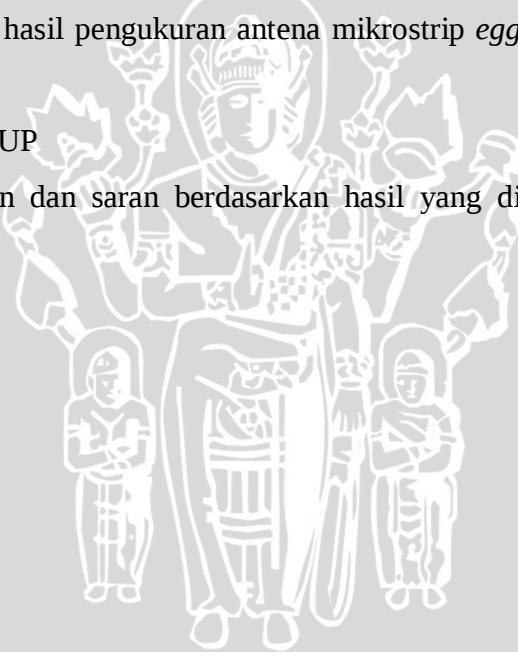
Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah merancang dan membuat antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang yang bekerja pada frekuensi *ultra wideband* (UWB).

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- BAB I PENDAHULUAN
Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
Membahas dasar teori yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan antena mikrostrip.
- **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**
Metodologi, menjelaskan tahapan dalam melakukan penulisan skripsi.
- **BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP EGG DENGAN SLOT PERSEGI PANJANG**
Menjelaskan proses perancangan, simulasi dan pembuatan antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang agar dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband* (UWB).
- **BAB V ANALISIS HASIL SIMULASI DAN PENGUJIAN**
Menjelaskan tentang langkah-langkah pengujian, hasil pengujian dan analisis terhadap hasil pengukuran antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang.
- **BAB VI PENUTUP**
Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil yang diperoleh dari penulisan skripsi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Antena

2.1.1 Umum

Antena merupakan instrumen yang penting dalam suatu sistem komunikasi radio. Antena merupakan media perpindahan antara ruang bebas dengan saluran transmisi. Antena digunakan untuk mentransmisikan energi elektromagnetik dari sumber pemancar sinyal ke antena, atau dari antena ke penerima sinyal. Oleh sebab itu terdapat dua jenis antena yaitu antena pemancar dan antena penerima (Balanis, 1982:1).

2.1.2 Proses Gelombang Elektrik Menjadi Gelombang Elektromagnetik oleh Antena

Antena merupakan sebuah alat yang mengubah gelombang elektrik dari saluran transmisi menjadi gelombang elektromagnetik di ruang bebas dan sebaliknya. Saluran transmisi adalah alat yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur energi gelombang elektromagnetik. Suatu sumber yang dihubungkan dengan saluran transmisi yang tak berhingga panjangnya menimbulkan gelombang berjalan yang seragam sepanjang saluran itu. Jika saluran ini dihubungkan singkat, maka akan timbul gelombang berdiri yang disebabkan oleh interferensi gelombang datang dengan gelombang yang dipantulkan. Jika gelombang datang sama besar dengan gelombang yang dipantulkan akan dihasilkan gelombang berdiri murni. Konsentrasi-konsentrasi energi pada gelombang berdiri ini berosilasi dari energi listrik seluruhnya ke energi magnet total dua kali setiap periode gelombang itu.

Jika sumber atau pemancar dihubungkan dengan saluran transmisi ke antena, maka energi diteruskan ke ruang bebas sehingga daerah ini merupakan

transisi antara gelombang elektrik dengan gelombang elektromagnetik. Begitu pula sebaliknya jika antena digunakan sebagai antena penerima.

2.1.3 Parameter Antena

Agar performansi dari suatu antena diketahui, maka dibutuhkan beberapa parameter. Beberapa diantara parameter tersebut saling berhubungan dan semuanya tidak harus disebutkan secara keseluruhan (Balanis, 2005:27).

Parameter yang digunakan dalam perancangan antena pada skripsi ini antara lain: *Bandwidth*, *Gain*, Pola Radiasi, Polarisasi, *Return Loss*, dan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR).

2.1.3.1 Bandwidth

Bandwidth adalah jangkauan frekuensi dimana antena dapat bekerja memenuhi karakteristik atau standar yang telah ditentukan. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai *bandwidth* yaitu dalam bentuk persen (%) untuk antena yang memiliki *band* sempit (*narrowband*) dan dalam bentuk rasio untuk antena yang memiliki *band* lebar (*broadband*). (Balanis, 2005: 70).

Persamaan untuk mendapatkan nilai *bandwidth* yaitu:

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-1)$$

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

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-3)$$

Dengan :

B_p = *bandwidth* dalam persen

B_r = bandwidth rasio

f_u = frekuensi atas (Hz)

f_c = frekuensi tengah (Hz)

f_l = frekuensi bawah (Hz)

2.1.3.2 Gain

Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antenna adalah *gain*. Meski *gain* erat kaitan nya dengan *directivity*, *gain* adalah pengukuran yang memperhitungkan definisi antenna maupun keterarahannya. *Gain* dibedakan atas : *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* adalah perbandingan antara intensitas radiasi antenna pada arah tertentu dengan intensitas radiasi antenna ke segala arah (isotropis). Intensitas radiasi antenna ke segala arah dapat dijabarkan sebagai perbandingan 4π dengan total daya yang diterima. Dalam banyak kasus kita berhubungan dengan *relative gain* yang didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antenna referensi dalam arah acuannya (dengan catatan bahwa kedua antenna mempunyai daya masukan yang sama). Untuk *relative gain*, antenna referensi yang digunakan berupa antenna sumber isotropis tanpa rugi-rugi. *Gain* dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Gain} &= 4\pi \frac{\text{Intensitas Radiasi}}{\text{Total Daya Input}} \\ &= 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_{in}} \end{aligned} \quad (2-4)$$

Pada keadaan sebenarnya, *gain* antenna dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antenna standar dipole $\frac{1}{2}\lambda$ yang sudah diketahui nilai *gain*-nya kira-kira 1.64 (Stutzman, 1981:39). Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah

$$\text{Gain} = 1.64 \times \frac{P_u}{P_r} \quad (2-5)$$

$$\text{Gain (dB)} = 2.15 \text{ dB} + P_u (\text{dB}) - P_r (\text{dB}) \quad (2-6)$$

Dengan:

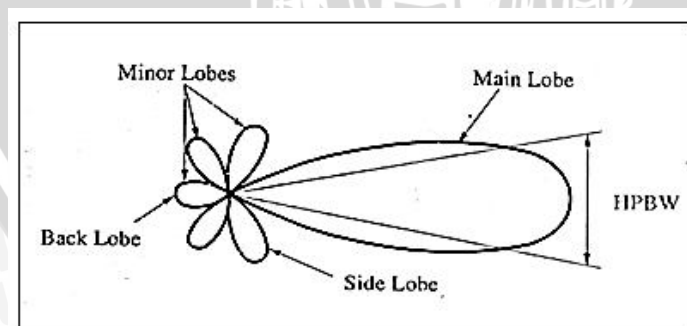
P_u = daya yang diterima antenna uji

P_r = daya yang diterima antenna referensi

2.1.3.3 Pola Radiasi

Karakteristik antenna seperti *beamwidth*, *Front to Back Ratio* (F/B) akan lebih mudah ditentukan bila diketahui bentuk pola radiasinya. Pola radiasi antenna didefinisikan sebagai gambaran secara grafis sifat-sifat medan jauh dari antenna sebagai fungsi koordinat ruang (tiga dimensi). Sifat-sifat radiasi ini meliputi intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi. (Balanis, 1982:27). Pola radiasi mengklasifikasikan antenna menjadi tiga yaitu pola radiasi isotropis, *directional*, dan *omnidirectional*.

Pola radiasi terdiri atas bagian-bagian yang disebut *lobes*, yang kemudian dibagi menjadi *major lobe* dan *minor lobe*. *Minor lobe* terdiri atas dua, yaitu *side lobe* dan *back lobe*. Hal ini dijelaskan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Lobe-lobe pola radiasi

Sumber: Balanis, 2005: 30

Keterangan:

- **HPBW** : Sudut yang terbentuk oleh titik setengah daya dari *main lobe*
- **Main lobe** : Bagian dari daerah radiasi dimana arah radiasi antenna maksimum
- **Minor lobe** : Bagian ini menyatakan daerah radiasi yang tidak diinginkan. Level dari *minor lobe* ini menyatakan besarnya rasio *side lobe level*
- **Back lobe** : Bagian dari *minor lobe* yang berlawanan dengan *main lobe*.
- **Side lobe** : Bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*.

Pola radiasi antenna dapat dihitung dengan perbandingan antara daya pada sudut nol derajat (radiasi daya maksimum) dengan daya pada sudut tertentu yang dapat dinyatakan dengan persamaan (Balanis, 2005) :

$$P(dB) = 10 \cdot \log \frac{P_o}{P_T} (dB) \quad (2-7)$$

$$P(dB) = 10 \cdot \log P_o - 10 \cdot \log P_T \quad (2-8)$$

dengan :

P = intensitas radiasi antenna pada sudut tertentu (dB)

P_o = daya yang diterima antenna pada sudut 0° (watt)

P_T = daya yang diterima antenna pada sudut tertentu (watt)

Sebagian besar antenna dirancang untuk mengkonsentrasikan energi pada satu arah tertentu. Ukuran konsentrasi pada *main lobe* tersebut dinamakan *Beamwidth*. *Half Power Beamwidth* (HPBW) didefinisikan sebagai sudut antara titik-titik di mana pada titik tersebut pancaran utama dari pola daya adalah setengah daya maksimum.

Nilai SLL suatu antenna merupakan perbandingan antara daya yang terkonsentrasi pada *main lobe* dengan daya pada *side lobe* dan dapat dinyatakan dalam persamaan (Stutzman, 1981:29):

$$SLL = 20 \log \left| \frac{F(SLL)}{F(max)} \right| (dB) \quad (2-9)$$

Dengan:

SLL = *side lobe level*

F (SLL) = nilai maksimum *side lobe*

F (max) = nilai maksimum *main lobe*

Nilai F/B suatu antenna merupakan perbandingan daya pada arah pancar terbesar yang dikehendaki (*main lobe*) dengan daya pada arah pancar yang berlawanan dengan *main lobe* (*minor lobe*).

$$F/B = \frac{F}{B} = \frac{P_m}{P_l} \quad (2-10)$$

$$F/B (dB) = P_m(dBm) - P_l(dBm) \quad (2-11)$$

dengan :

F/B = *Front to Back ratio* (dB)

P_m = daya puncak *main lobe* (dBm)

P_l = daya puncak *back lobe* (dBm)

2.1.3.4 Polarisasi

Suatu medan elektromagnetik terdiri atas medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus satu sama lain. Energi dari medan elektromagnetik mengalir bolak-balik dari suatu medan ke medan lainnya dengan cara berosilasi. Fenomena ini disebut polarisasi. Polarisasi gelombang teradiasi merupakan sifat gelombang elektromagnet yang menggambarkan vektor medan elektrik yang arahnya berubah terhadap waktu dan besaran relatif dari vektor medan elektrik tersebut. Polarisasi adalah bentuk energi yang diradiasikan oleh antenna dengan arah yang berasal dari pusat antenna. Polarisasi dibagi menjadi tiga yaitu polarisasi linier, lingkaran, dan elips (Balanis, 1982:64).

Jenis polarisasi pada antenna dapat ditentukan dengan mencari nilai AR (*Axial Ratio*) (Balanis, 1982:66).

$$AR = \frac{\text{Major lobe}}{\text{Minor lobe}} \quad (2-12)$$

Apabila nilai $AR = \infty$, dapat dikatakan antenna memiliki polarisasi linier. Jika nilai $AR = 1$, antenna memiliki polarisasi lingkaran, dan dikatakan memiliki polarisasi elips jika nilai $1 < AR < \infty$.

2.1.3.5 Return Loss

Return Loss adalah parameter untuk mengetahui besarnya daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. Koefisien refleksi adalah perbandingan antara tegangan yang dipantulkan terhadap tegangan gelombang maju. Jika suatu antenna memiliki nilai *return loss* dibawah -10 dB, dapat dikatakan antenna tersebut memiliki perfomansi yang baik. -10 dB berarti 90% sinyal dapat diserap dan hanya 10% sinyal yang dipantulkan kembali (Punit, 2004: 19):

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-13)$$

$$RL = -20 \log \Gamma \text{ (dB)} \quad (2-14)$$

Dengan :

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (Volt)

V_i = tegangan gelombang maju (Volt)

RL = *return loss* (dB)

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

2.1.3.5.1 Hubungan antara *Return Loss* dengan Frekuensi

Frekuensi kerja antenna berpengaruh terhadap *matching* impedansi, dimana kondisi paling *match* berada pada kisaran frekuensi kerja yang direncanakan. *Matching* impedansi berhubungan dengan koefisien pantul melalui persamaan (Balanis, 1982:73):

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad (2-15)$$

Dengan:

Z_{in} = impedansi input antenna

Z_0 = impedansi karakteristik saluran transmisi

Impedansi berdasarkan persamaan (2-17) adalah penjumlahan komponen resistansi dengan reaktansi. Pada reaktansi tersendiri terdapat komponen matematis $j\omega$, dimana ω merupakan dua kali π dikalikan dengan frekuensi.

2.1.3.6 VSWR

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah perbandingan antara *amplitude* tegangan maksimum terhadap *amplitude* tegangan minimum dalam suatu gelombang berdiri. VSWR dapat dinyatakan dengan persamaan (Krauss, 1988:833):

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-16)$$

Apabila ketika gelombang listrik mengalir sepanjang saluran pencatu dari pemancar ke antenna ada arus balik yang timbul dari antenna ke pemancar, maka arus balik ini akan menyebabkan interferensi dengan arus yang mengalir ke antenna. Hal ini menyebabkan superposisi arus tersebut akan membesar dan mengecil sesuai besarnya arus balik yang berarti nilai VSWR berbanding lurus dengan arus balik. Semakin besar nilai arus balik, maka nilai VSWR juga akan menjadi semakin tinggi yang mengakibatkan semakin besar pula *missmatch* antenna. Sebaliknya, semakin kecil nilai VSWR maka antenna semakin *matching*. Oleh karena itu, antenna dikatakan dapat bekerja dengan baik apabila memiliki nilai VSWR antara 1 sampai 2.

2.1.3.7 Impedansi Masukan

Impedansi masukan didefinisikan sebagai impedansi yang ditunjukkan oleh antenna pada terminal-terminalnya atau perbandingan tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya (Balanis, 1982:53). Transfer daya maksimum hanya dapat terjadi jika impedansi antenna tersebut *matching* dengan bebannya, dimana melibatkan *conjugate kompleks* dari impedansi beban. Perbandingan tegangan dan arus pada terminal-terminal tanpa beban, memberikan impedansi masukan antenna sebesar

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \quad (2-17)$$

Dengan :

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

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

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

Saluran mikrostrip juga memiliki resistansi yang merupakan rugi-rugi dalam saluran mikrostrip. Resistensi rugi-rugi pada antenna mikrostrip sama dengan resistansi rugi-rugi pada antenna konvensional, yaitu terdiri dari rugi konduktor dan rugi radiasi yang dinyatakan oleh persamaan berikut

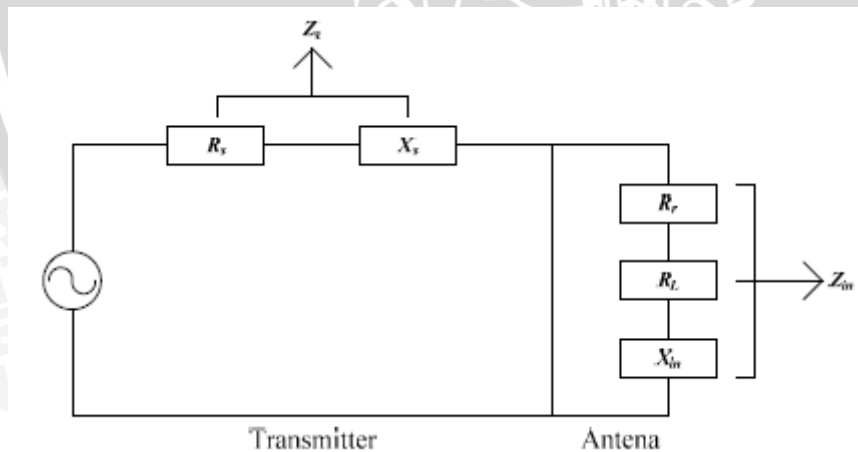
$$R_A = R_r + R_s \quad (2-18)$$

Dengan :

R_r = resistansi radiasi (Ω)

R_s = resistansi konduktor (Ω)

Resistansi radiasi pada antenna penerima adalah suatu resistansi khayal akibat adanya radiasi pada antenna sehingga mengurangi daya yang disalurkan pada antenna penerima sedangkan resistansi konduktor dipengaruhi oleh konduktifitas bahan yang digunakan.



Gambar 2.2 Rangkaian ekuivalen antenna pemancar

Sumber : Punit S. Nakar, 2004 : 31

Pada Gambar 2.2, impedansi dari sumber (Z_S) terdiri dari resistansi sumber (R_S) dan reaktansi dari sumber (X_S). Sedangkan Z_{in} terdiri dari R_{in} dan X_{in} . Nilai R_{in} terdiri dari dua komponen resistif, resistansi radiasi (R_r) dan resistansi rugi-rugi (R_L). Daya yang hilang akibat resistansi rugi-rugi adalah rugi-rugi yang disebabkan karena panas antenna. Panas antenna ini disebabkan oleh rugi dielektrik dan rugi konduksi. Sedangkan X_{in} adalah reaktansi antenna yang menunjukkan daya yang disimpan di daerah medan dekat. Daya maksimum diradiasikan dari antenna pada frekuensi dimana impedansi input mendekati nilai riil. Biasanya antenna dicatu oleh saluran transmisi seperti kabel koaksial, mikrostrip dan sebagainya. Tujuannya adalah untuk menyesuaikan impedansi antenna dengan impedansi karakteristik saluran transmisi. Jika kondisi *matching* tidak tercapai, kemungkinan terjadi pemantulan dan hal ini yang menyebabkan terjadinya gelombang berdiri (*standing waves*). Sebagai tambahan, Z_{in} dapat diperoleh dengan menghitung data koefisien pantul terukur dan impedansi karakteristik (Z_0) dengan menggunakan persamaan berikut:

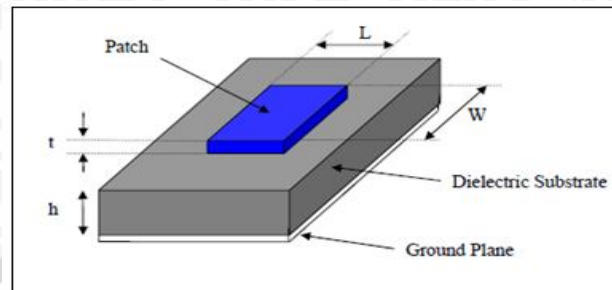
$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad (2-19)$$

$$Z_{in} = Z_0 \frac{(\Gamma + 1)}{(\Gamma - 1)} \quad (2-20)$$

2.1.4 Antena Mikrostrip

Berdasarkan asal katanya, mikrostrip terdiri atas dua suku kata, yaitu *micro* (sangat tipis/kecil) dan *strip* (bilah/potongan). Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis antenna yang mempunyai bentuk seperti bilah/potongan yang mempunyai ukuran sangat tipis/ kecil dan terdiri atas lapisan peradiasi, substrat, dan *ground plane*. Antena mikrostrip terdiri atas *patch* atau bidang radiasi pada satu sisi dan sisi lain adalah *ground plane* (bidang pentanahan) yang terletak pada suatu bahan dielektrik dan dibatasi oleh substrat tertentu dengan nilai

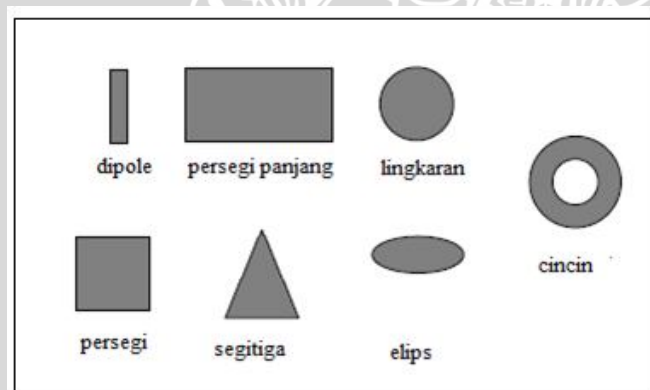
permitifitas tertentu. *Patch* biasanya memiliki bentuk yang beragam dan terbuat dari bahan konduktor. (Punit, 2004: 32). Struktur antenna mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur antenna mikrostrip

Sumber : Punit S. Nakar, 2004:40

Antena mikrostrip memiliki beragam bentuk *patch*. Dalam perancangan biasanya digunakan bentuk-bentuk yang sederhana seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Berbagai bentuk elemen *patch* mikrostrip

Sumber : Punit S. Nakar, 2004: 32

Antena mikrostrip merupakan solusi untuk menjawab kebutuhan akan antenna yang memiliki dimensi kecil dan ringan.

2.1.5 Ultra Wideband

Menurut FCC (*Federal Communications Commission*), teknologi *ultra wideband* merupakan suatu teknologi nirkabel yang dikembangkan untuk

mengirimkan data melalui jarak yang pendek dengan kecepatan transmisi yang cukup tinggi yaitu 480 *Mbps* untuk jarak 2 meter dan 110 *Mbps* untuk jarak 10 meter. (Zhi Ning Chen, 2007:231). Contoh aplikasi penggunaan sistem UWB (teknologi *ultra wideband*) dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Rentang Frekuensi pada Aplikasi Sistem *Ultra Wideband*

Aplikasi	Rentang Frekuensi
Sistem Komunikasi Indoor	3,1 – 10,6
Radar	3,1 – 10,6
Sistem <i>Imaging</i>	1,61-10,6
Sistem Pengintai	1,99-10,6
Sistem <i>Imaging</i> Medis	3,1 – 10,6
Sistem Radar Kendaraan	22-29

Sumber : Zhi Ning Chen, 2007:232

Pada antena *ultra wideband* terdapat beberapa kriteria khusus yang harus dipenuhi. Syarat yang paling utama yaitu antena wajib memenuhi kriteria *bandwidth* minimal yaitu 500 MHz atau memiliki *bandwidth* fraksional yang lebih besar dari 20%.

Pada umumnya kelebihan dari teknologi *ultra wideband* adalah sebagai berikut:

- Kecepatan data yang tinggi
- Mengurangi *path loss* dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap *multipath propagation*
- Ketersediaan *low-cost transceiver*
- Daya transmisi dan interferensi rendah

Selanjutnya, performansi antenna *ultra wideband* seperti pola radiasi dan *gain* diusahakan agar memiliki nilai yang konsisten di sepanjang *range* frekuensi kerja. Sedangkan jenis polarisasi dan pola radiasi disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi antenna. Jenis pola radiasi *omni-directional* biasanya digunakan untuk komunikasi bergerak, sedangkan pola radiasi *directional* banyak diaplikasikan untuk sistem yang membutuhkan *gain* tinggi. Dimensi antenna diharapkan cukup kecil dan ringan sehingga mudah diintegrasikan dengan perangkat *ultra wideband*.

2.2 Perancangan Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot persegi panjang pada Frekuensi *Ultra Wideband*

2.2.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

- Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
- Ketebalan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm
- *Loss tangen* = 0,018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga :

- Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m
- Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m^{-1}
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

2.2.2 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).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} (m) \quad (2-22)$$

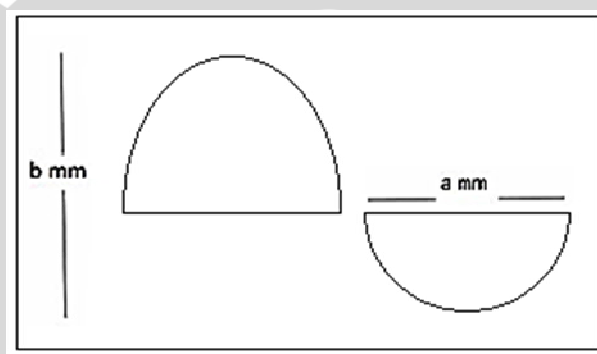
Keterangan :

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

f_r = frekuensi kerja (Hz)

2.2.2.1 Perencanaan Dimensi *Patch*

Antena yang digunakan sebagai *patch* pada antena mikrostrip ini berbentuk menyerupai telur. Antena *egg* ini terbentuk dari sebuah setengah lingkaran dan sebuah setengah elips. Antena *egg* ini dapat memenuhi kebutuhan antena untuk bekerja pada frekuensi *ultra wideband* untuk menangkap frekuensi televisi swasta di Indonesia.



Gambar 2.5 Geometri *patch egg*

Sumber : Perancangan

2.2.2.2 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

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

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_R - 1}{2\epsilon_R} \left[\ln(B - 1) + 0.39 \frac{0.61}{\epsilon_R} \right] \right\} \quad (2-23)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-24)$$

Dengan :

W = lebar 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:

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2-25)$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-26)$$

Dengan :

L = panjang saluran transmisi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

λ_0 = panjang gelombang diruang bebas (mm)

ϵ_r = konstanta dielektrik substrat

$\lambda_0 > \lambda_d$ karena panjang gelombang di ruang bebas berbanding lurus dengan konstanta dielektrik substrat yang berkisar antara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$.

2.2.2.3 Perencanaan Dimensi *Ground Plane*

Dimensi minimum *ground plane* yang dibutuhkan oleh antenna mikrostrip dapat dicari melalui persamaan berikut: (Punit S. Nakar, 2004: 51)

$$L_g = 6h + L \quad (2-27)$$

$$W_g = 6h + W \quad (2-28)$$

Untuk *patch* lingkaran, karena $L = 2R$ dan $W = \frac{\pi R}{2}$, maka panjang dan minimum *ground plane* adalah:

$$L_g = 6h + 2R \quad (2-29)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2} R \quad (2-30)$$

Keterangan:

L_g = panjang sisi minimum *ground plane* (m)

W_g = lebar sisi minimum *ground plane* (m)

L = panjang *patch* persegi (m)

W = lebar *patch* persegi (m)

R = radius *patch* lingkaran (m)

h = ketebalan substrat (m)

2.2.2.4 Perencanaan Dimensi Slot persegi panjang

Panjang dan lebar slot diperoleh dengan menggunakan persamaan (Puspanjali 2006: 443)

$$L_s = \frac{\lambda_0}{5} \quad (2-31)$$

$$W_s = \frac{\lambda_0}{32} \quad (2-32)$$

dengan

L_s = panjang slot (m)

W_s = lebar slot (m)

λ_0 = panjang gelombang di ruang bebas

Dengan rumus diatas maka diperoleh hasil perhitungan :

$$L_s = \frac{\lambda_0}{5} = \frac{0.125}{5} = 0.025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

$$W_s = \frac{\lambda_0}{32} = \frac{0.125}{32} = 0.003906 \text{ m} = 3.906 \text{ mm}$$

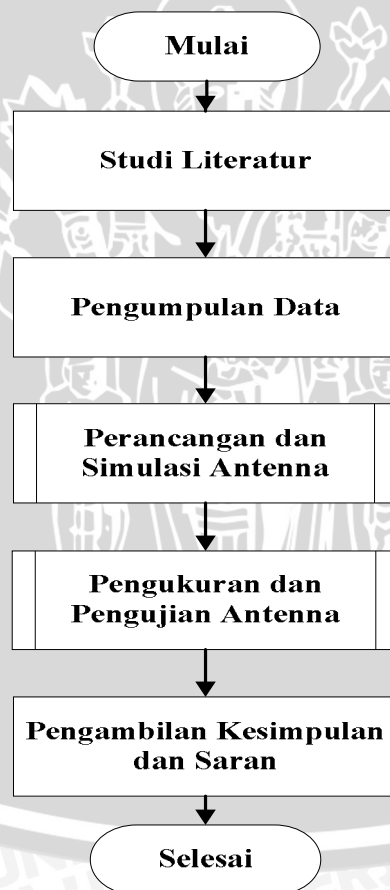
2.3 CST Studio Suite

CST (*Computer Science Technology*) *Studio Suite* merupakan *software* yang menggunakan *Method of Moments* (MoM) dalam perhitungan simulasi elektromagnetik dalam frekuensi tinggi dengan pemodelan tiga dimensi. CST *Studio Suite* mampu melakukan analisis yang akurat menggunakan teknik integrasi terbatas. Metode tersebut efisien untuk penggunaan perangkat *high frequency* seperti antena, filter, jenis transmisi, konektor, dan sebagainya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah kegiatan yang bersifat analisis dan aplikatif, yaitu mengenai perancangan dan pembuatan antena mikrostrip *egg* dengan menggunakan slot persegi panjang yang dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband*. Metode yang digunakan dalam pengerjaan skripsi ini dijelaskan melalui diagram alir berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian

Sumber: Perencanaan

3.1 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami karakteristik, analisis dan desain antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang sehingga dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband*.

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data primer

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

2. Data sekunder

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

- Spesifikasi dari dimensi substrat, yang meliputi :
 - 1) Bahan substrat yang digunakan adalah *Epoxy fiberglass* – FR4.
 - 2) Konstanta dielektrik relatif substrat *Epoxy fiberglass* – FR4.
 - 3) Ketebalan lapisan dielektrik substrat *Epoxy fiberglass* – FR4.
- Spesifikasi dari bahan pelapis substrat (konduktor), yang meliputi :
 - 1) Konduktor yang digunakan adalah tembaga.
 - 2) Konduktifitas tembaga.

3.3 Perancangan dan Simulasi

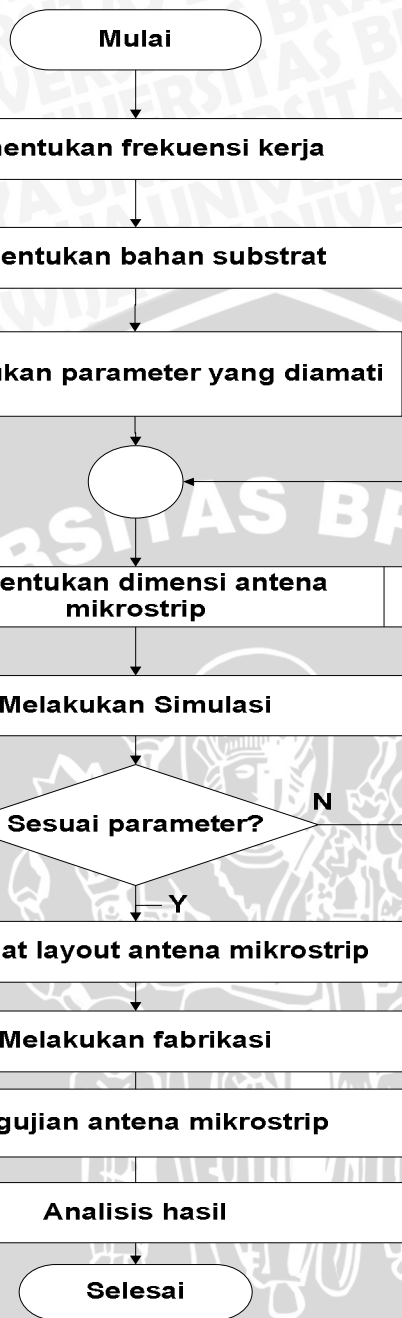
Perancangan antena mikrostrip diawali dengan melakukan perhitungan secara matematis pada materi dan referensi dari hasil studi literatur sehingga

didapatkan dimensi antenna secara teoritis. Hasil rancangan kemudian disimulasikan kedalam *software* simulator untuk mengetahui parameter antenna mikrostrip. Tahap perancangan dan simulasi antenna ini penting untuk melihat kualifikasi dari hasil rancangan apakah sudah sesuai atau belum dengan yang direncanakan.

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Bahan *Epoxy fiberglass* – FR 4
- Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
- Ketebalan dielektrik (h) = 1,6 mm
- *Loss tangen* ($\tan \delta$) = 0,018
- Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:
 - o Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,01 mm
 - o Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m^{-1}
 - o Impedansi karakteristik saluran (Z_0) = 50 Ω

Simulasi antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang diawali dengan menyimulasikan antenna berdimensi awal hasil perhitungan dan referensi studi literatur yang kemudian dilakukan proses optimasi apabila hasil simulasi belum memenuhi kriteria yang diinginkan.



Gambar 3.2 Diagram alir perancangan dan pembuatan antena mikrostrip

Sumber: Perencanaan

3.4 Pengujian

Pengujian dilakukan melalui pengukuran terhadap beberapa parameter antena seperti *bandwidth*, *gain*, polarisasi, dan pola radiasi pada frekuensi kerjanya. Pengukuran terhadap antena yang sudah difabrikasi ini bertujuan

untuk mengetahui kinerja antenna yang sebenarnya. Pengukuran antenna meliputi beberapa hal yang akan dijabarkan sebagai berikut.

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

Dari hasil pengukuran *return loss* dapat diketahui nilai VSWR dan koefisien pantul antenna. Dari perhitungan VSWR nantinya dapat diketahui rentang frekuensi dari antenna sehingga *bandwith* antenna dapat diketahui.. Spesifikasi alat-alat yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu:

1. *Spectrum Analyzer* GSP-827 2.7 GHz Gw INSTEK
2. *Directional Coupler*
3. Antena uji
4. Kabel Koaksial RG-58A/U
5. *Adapter* N to BNC

3.4.2 Pengukuran *Gain*

Pada pengukuran *gain* antenna, akan daya antenna referensi (P_{ref}), daya antenna yang diuji (P_{rx}), dan *gain* antenna yang diuji (G). Spesifikasi alat-alat yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu:

1. *Aeroflex* IFR 3413 *Signal Generator* 250 kHz – 3GHz
2. GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-827 2,7GHz
3. Dua buah antenna standar *dipole* $\lambda/2$
4. Antena uji
5. Kabel Koaksial RG-58A/U
6. *Adapter* N to BNC
7. Dua buah tiang penyangga

3.4.3 Pengukuran Polarisasi

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, dapat diketahui besar daya yang diterima oleh antenna uji. Nilai daya yang diterima kemudian dinormalisasi dan diubah ke dalam bentuk diagram polar, sehingga polarisasi antenna dapat diketahui. Spesifikasi alat-alat yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu:

1. *Signal Generator* FR M13 200 kHz – 3GHz *Aeroflex*
2. *Spectrum Analyzer* GSP-827 2.7 GHz Gw *INSTEK*
3. Dua buah antenna standar dipole $\lambda/2$
4. Antena uji
5. Kabel Koaksial RG-58A/U
6. *Adapter* N to BNC
7. Dua buah tiang penyangga dengan skala sudut putar
8. *Rotator* antenna

3.4.4 Pengukuran Pola Radiasi

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antenna 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 – 3GHz *Aeroflex*
2. *Spectrum Analyzer* GSP-827 2.7 GHz Gw *INSTEK*
3. Dua buah antenna standar *dipole* $\lambda/2$
4. Antena uji
5. Kabel Koaksial RG-58A/U
6. Konektor N *Female*

7. Dua buah tiang penyangga dengan skala sudut putar

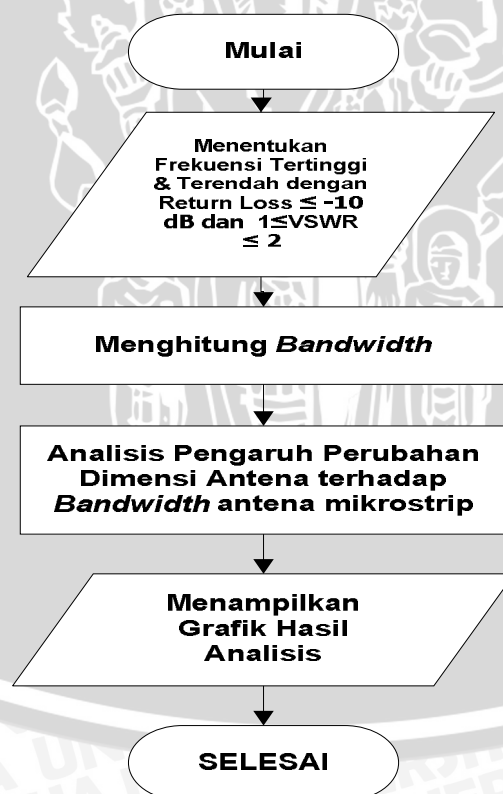
3.5 Analisis

Analisis dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi CST dengan hasil pengujian antenna yang telah difabrikasi.

Analisis difokuskan pada parameter antenna mikrostrip yang meliputi:

3.5.1 Bandwidth

Setelah didapatkan nilai frekuensi tertinggi dan terendah antenna (pada $RL \leq -10$ dan $1 \leq VSWR \leq 2$), kemudian dihitung nilai *bandwidth* antenna. Setelah itu dilakukan analisis pengaruh perubahan dimensi antenna terhadap *bandwidth* antenna. Kemudian hasil analisis ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 3.3 Diagram alir analisa *bandwidth* antenna mikrostrip

Sumber: Perancangan

3.5.2 Gain

Setelah diketahui nilai *gain* antenna, kemudian dilakukan analisis pengaruh perubahan dimensi antenna terhadap *gain* antenna. Kemudian hasil analisis ditampilkan dalam bentuk grafik.

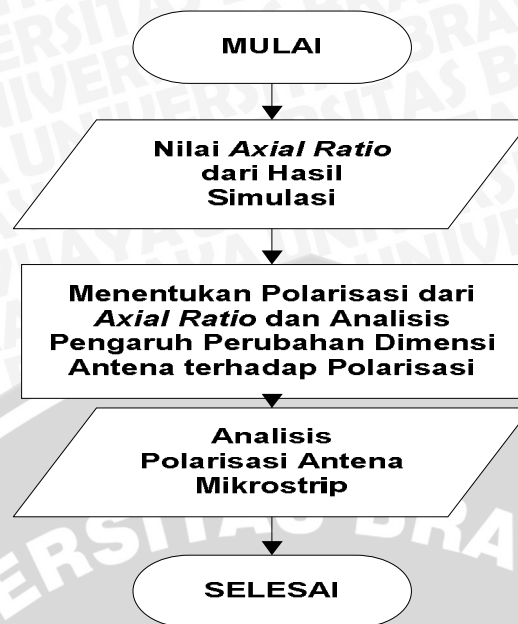


Gambar 3.4 Diagram alir analisa *gain* antenna mikrostrip

Sumber: Perancangan

3.5.3 Polarisasi

Dari nilai *axial ratio* antenna maka dapat ketahui jenis polarisasi antenna tersebut. Kemudian dilakukan analisis pengaruh perubahan dimensi antenna terhadap polarisasi antenna. Setelah itu dilakukan analisis polarisasi antenna tersebut.

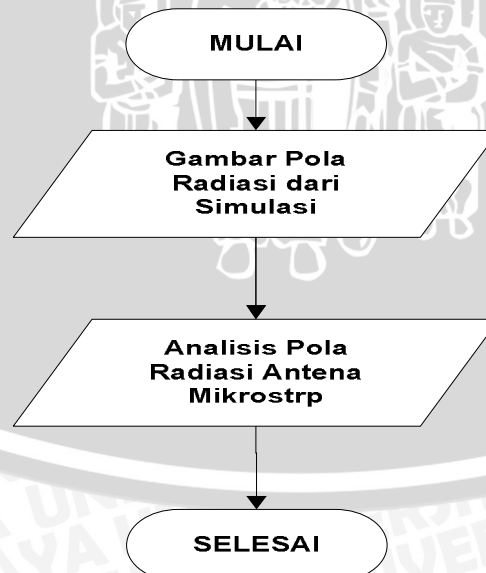


Gambar 3.5 Diagram alir analisa polarisasi antena mikrostrip

Sumber: Perancangan

3.5.4 Pola Radiasi

Setelah diketahui gambar grafis pola radiasi antena, kemudian dilakukan analisis pola radiasi antena mikrostrip.



Gambar 3.6 Diagram alir analisa pola radiasi antena mikrostrip

Sumber: Perancangan

3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

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

3.7 RENCANA KEGIATAN

Agar penulisan skripsi ini terarah dan tepat waktu maka disusun rencana kegiatan sebagai berikut :

Tabel 3.2 Rencana Kegiatan

Kegiatan	Bulan ke-			
	1	2	3	4
Pengajuan Proposal				
Studi Literatur				
Perancangan dan Pembuatan				
Pengujian dan Analisa				
Penulisan Laporan				

BAB IV

PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MIKROSTRIP EGG DENGAN SLOT PERSEGI PANJANG

4.1 Tinjauan Umum

Antena mikrostrip merupakan antena yang tersusun atas substrat yang terbuat dari bahan tertentu dan pada salah satu sisinya terdapat elemen konduktor sebagai peradiasi dan *ground plane* pada sisi lainnya.

Pada skripsi ini, antena mikrostrip yang dirancang memiliki bentuk *patch* menyerupai telur (*egg*) dengan penambahan slot berbentuk persegi panjang pada bagian *ground plane*. Antena mikrostrip dirancang dengan terlebih dahulu menentukan jenis substrat yang akan digunakan, kemudian dilakukan perancangan dimensi *patch*, saluran transmisi, *ground plane*, dan slot. Kemudian, hasil rancangan tersebut akan diuji menggunakan program simulator sehingga dapat diketahui performansinya. Program simulator yang digunakan dalam pengerjaan skripsi ini adalah CST *Studio Suite*.

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk merancang dan membuat antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang yang bekerja pada frekuensi *ultra wideband* (UWB). Karena itu apabila hasil unjuk kerja antena mikrostrip tidak seperti yang diharapkan, maka akan dilakukan proses optimasi. Tahap selanjutnya adalah melakukan fabrikasi antena dan dilakukan pengukuran.

4.2 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

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

- Bahan *Epoxy Fiberglass* – FR4
 - konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
 - ketebalan lapisan dielektrik (h) = 1,6 mm
 - loss tangent* = 0,018
- 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 = 50Ω

4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

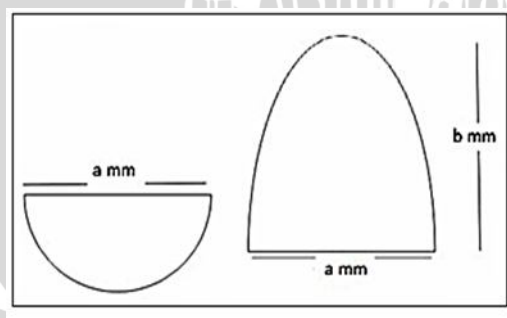
Dimensi elemen peradiasi dapat ditentukan dengan membandingkan antara nilai perambatan di ruang bebas (c) dengan besar frekuensi resonansi (f_r) yang digunakan (persamaan 2-21). Frekuensi acuan pada antenna *ultra wideband* didapatkan ditentukan pada antenna yang akan diaplikasikan pada gelombang mikro 1900 MHz, sedangkan untuk pengujian, pada penulisan skripsi ini, antenna akan diuji pada frekuensi 1700-2700 MHz. Nilai perambatan di ruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s. Dengan menggunakan persamaan:

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

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

4.3.1 Perencanaan Dimensi Patch

Patch egg terdiri dari setengah lingkaran dan setengah elips yang tegak. Bentuk ini digunakan berdasarkan geometri antenna *egg* oleh Rudy Yuwono (2010) yang telah terbukti dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Geometri *patch egg*

Sumber: Perancangan

Dimensi awal *patch egg* mengacu pada perbandingan dimensi asli antenna planar *egg* tersebut sendiri. Pada skripsi ini akan digunakan dimensi $a = 60$ mm

dan $0,5a + b = 73,32$ mm, sehingga didapat $b = 43,32$ mm. Dimana a merupakan diameter setengah lingkaran dan b merupakan jari-jari setengah elips tegak.

4.3.2 Perencanaan Dimensi *Ground Plane*

Panjang dan lebar minimal *ground plane* masing - masing diperoleh dengan menggunakan persamaan (2-28) dan (2-29):

$$L_g = 6h + 2R = (6 \times 1,6 \times 10^{-3}) + (2 \times 30 \times 10^{-3}) \\ = 69,6 \times 10^{-3} \text{ m} = 69,6 \text{ mm}$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi R}{2} = (6 \times 1,6 \times 10^{-3}) + \frac{\pi \times 30 \times 10^{-3}}{2} \\ = 56,7 \times 10^{-3} \text{ m} = 56,7 \text{ mm}$$

4.4 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi menggunakan persamaan (2-22) dan (2-24):

- Lebar saluran transmisi

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

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

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

$$W = 1,019 \{ 4,5 - \ln(10,1) + 0,3 [\ln(4,5) + 0,2] \} = 2,75 \text{ mm}$$

- Panjang saluran transmisi

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

$$\lambda_d = \frac{0,125}{\sqrt{4,5}} = 0,0589 \text{ m} = 58,9 \text{ mm}$$

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d$$

$$L = \frac{1}{4} 0,0589 = 0,0147 \text{ m} = 14,7 \text{ mm}$$

4.5 Perancangan Slot Persegi Panjang

Antena mikrostrip akan menggunakan slot berbentuk persegi panjang yang diaplikasikan pada persegi panjang. Dimensi awal slot yang digunakan adalah dimensi asli antena persegi panjang yang dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband* yaitu dengan panjang 70 mm dan lebar 85 mm.

Karena syarat perancangan dimensi *ground plane* hanya mencakup dimensi minimalnya maka selama masih memenuhi syarat panjang dan lebar minimal *ground plane*, besarnya dimensi *ground plane* akan disesuaikan oleh dimensi slot persegi panjang. Pada perancangan awal, dimensi slot sama dengan dimensi asli bentuk persegi panjang dengan letak batas bawah slot persis terletak pada batas bawah *patch egg*.

4.6 Simulasi Antena Mikrostrip Egg dengan Slot Persegi Panjang

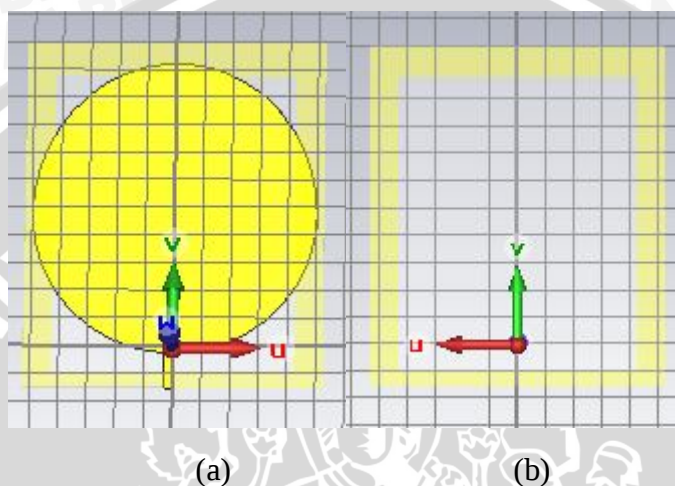
Perancangan antena mikrostrip telah dilakukan melalui proses perhitungan berdasarkan referensi studi literatur dan juga menggunakan dimensi awal dari percobaan sebelumnya. Hasil rancangan kemudian akan diuji menggunakan program simulator CST *Studio Suite* untuk mengetahui kinerja antena. Tahap simulasi ini dilakukan agar diketahui hasil rancangan sudah memiliki performansi yang optimal sebelum dilakukan proses fabrikasi serta sebagai pengujian pengaruh slot persegi panjang terhadap kinerja antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang.

Langkah-langkah perancangan dan simulasi dengan simulator CST *Studio Suite* adalah sebagai berikut (secara detail dilampirkan) :

1. Membuka program simulator CST *Studio Suite*.
2. Menentukan parameter dasar
3. Membuat antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang sesuai dimensi perencanaan
4. Melakukan simulasi pada rentang frekuensi yang ditentukan
5. Melakukan tabulasi parameter hasil simulasi sebelum dilakukan analisis

4.6.1 Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot persegi panjang Menggunakan Simulator CST

Setelah dimensi awal antenna didapatkan, maka selanjutnya akan dilakukan proses simulasi untuk mengetahui kinerja antenna. Simulasi dan optimasinya digunakan program CST. Dalam proses simulasi dan optimasi ini parameter awal yang diamati adalah *Return Loss*.

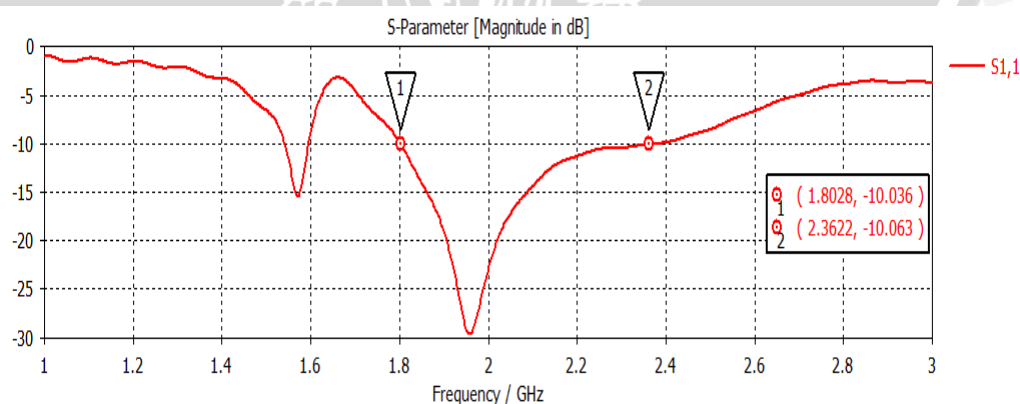


Gambar 4.2 Bentuk geometri antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang (sebelum optimasi)

(a) Tampak depan; (b) Tampak belakang

Sumber: Perencanaan

Setelah disimulasi dengan menggunakan simulator CST, didapatkan hasil sebagai berikut.



Grafik 4.1 Grafik *Return Loss* Terhadap Frekuensi (sebelum optimasi)

Sumber: Simulasi

Grafik 4.1 menunjukkan bahwa hasil simulasi memenuhi kriteria yang diinginkan sebab frekuensi yang bekerja pada rentang *Return Loss* < -10 dB sebesar 560 MHz. Nilai ini sudah memenuhi syarat antenna untuk bekerja pada frekuensi *ultra wideband*.

4.6.1.1 Optimasi *Patch* dan Saluran Transmisi

Pada proses optimasi, parameter yang dijadikan acuan adalah besar *bandwidth* dari antenna. Hal ini berdasarkan pada tujuan penelitian yaitu menghasilkan antenna mikrostrip yang bekerja pada frekuensi *ultra wideband*. Karena itu, parameter lain seperti *gain*, pola radiasi, polarisasi akan diperhitungkan setelah didapatkan dimensi *patch* dan saluran transmisi terbaik. Proses optimasi yang dilakukan antara lain:

4.6.1.1.1 Optimasi Dimensi *Patch Egg*

Proses optimasi *patch* akan dilakukan dengan cara mengubah dimensi *patch egg* ketika dimensi lain tetap seperti sebelumnya.

Tabel 4.1 Tabel Optimasi *Patch Egg*

Konfigurasi	a(mm)	b(mm)	Rentang Frekuensi (MHz)	<i>Bandwidth</i> (MHz)
1	60	43,3	-	-
2	70	46	-	-
3	80	49	1710-1847	137
4	90	52	1617- 1811	194
5	100	55	1802-2362	560

Sumber : Perancangan

Berdasarkan hasil dari Tabel 4.1, konfigurasi 5 memiliki *bandwidth* paling lebar dibandingkan konfigurasi lainnya. Konfigurasi ini memiliki *bandwidth* sebesar 560 MHz yang bekerja pada rentang frekuensi 1802-2362 MHz.

4.6.1.1.2 Optimasi Saluran Transmisi

Optimasi *patch egg* menunjukkan bahwa konfigurasi terbaik dihasilkan oleh konfigurasi 5. Oleh karena itu, optimasi panjang saluran transmisi akan dilakukan berdasarkan dimensi konfigurasi 6 dengan variasi panjang saluran transmisi berikut:

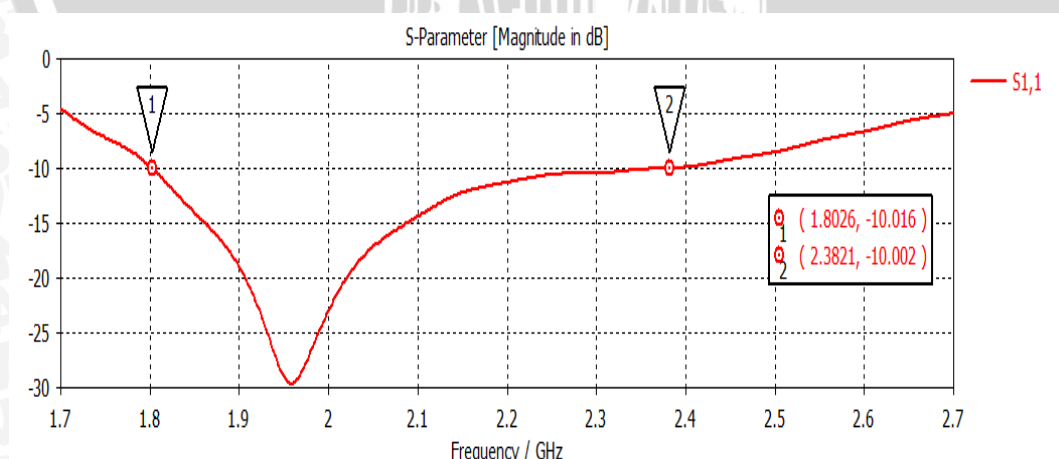
Tabel 4.2 Tabel Optimasi Panjang Saluran Transmisi

Konfigurasi	L (mm)	Rentang Frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)
6	14,7	1829-2315	486
7	13,6	1797-2339	542
8	12,5	1803-2382	579

Sumber: Perancangan

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa konfigurasi 8 memiliki rentang frekuensi paling lebar dibanding konfigurasi lainnya.

Maka, berdasarkan hasil optimasi *patch egg* dan saluran transmisi antenna, didapatkan bahwa antenna dengan radius lingkaran 50 mm, radius elips 55 mm, dan panjang saluran transmisi 12,5 mm memiliki *bandwidth* terbesar diantara konfigurasi lainnya seperti yang ditunjukkan oleh grafik berikut:



Grafik 4.2 Grafik *Return Loss* Terhadap Frekuensi (setelah optimasi *patch* dan saluran transmisi)

Sumber: Simulasi

Grafik 4.2 menunjukkan bahwa antenna dapat bekerja pada frekuensi 1803-2382 MHz. Selanjutnya akan dilakukan optimasi variasi dimensi slot persegi panjang untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

4.6.1.2 Optimasi Slot Persegi Panjang

Optimasi selanjutnya adalah optimasi slot persegi panjang yang mencakup variasi dimensi dan letak slot persegi panjang. Pada optimasi ini, parameter lain selain *bandwidth* seperti *gain*, polarisasi, dan pola radiasi juga diperhitungkan untuk dapat mengetahui pengaruh dimensi serta letak slot persegi panjang terhadap parameter-parameter tersebut.

4.6.1.2.1 Dimensi Slot Persegi Panjang

Dimensi slot persegi panjang yang akan diaplikasikan pada slot antenna mikrostrip *egg* diubah - ubah hingga didapatkan hasil yang diinginkan.

Tabel 4.3 Tabel Optimasi Dimensi Slot Persegi panjang

Konfigurasi	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Rentang Frekuensi (MHz)	Total Bandwidth (MHz)
9	65	80	-	-
10	75	90	2127-2431	304
11	85	100	1803-2382	579

Sumber: Perancangan

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa slot persegi panjang menghasilkan *bandwidth* paling lebar pada konfigurasi 11. Oleh karena itu, slot persegi panjang konfigurasi 11 akan diimplementasikan dalam perancangan antenna mikrostrip *egg*.

4.6.1.2.2 Letak Slot Persegi Panjang

Optimasi selanjutnya adalah variasi jarak slot persegi panjang terhadap *patch egg* (S). Nilai S positif menunjukkan bahwa slot digeser ke atas dan nilai negatif menunjukkan bahwa slot digeser ke arah bawah. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak slot persegi panjang dengan *patch* antenna.

Tabel 4.4 Tabel Variasi Jarak Slot Persegi panjang Terhadap *Patch*

Konfigurasi	S (mm)	Rentang Frekuensi (MHz)	Bandwidth (MHz)
12	0,26	2271-2700	329
13	0,46	2365-2664	299
14	-0,26	1830-2700	470
15	-0,46	1803-2382	579

Sumber: Perancangan

Tabel 4.4 menampilkan hasil simulasi dari variasi jarak slot persegi panjang dengan *patch* antenna. Konfigurasi 15 dengan $S = -0,46$ mm menunjukkan antenna dapat bekerja pada rentang frekuensi 1803-2382 MHz dan memiliki *bandwidth* sebesar 579 MHz. Maka dapat diperoleh ukuran dimensi antenna dengan konfigurasi seperti ditunjukan Tabel 4.5 :

Tabel 4.5 Tabel Dimensi Konfigurasi 15

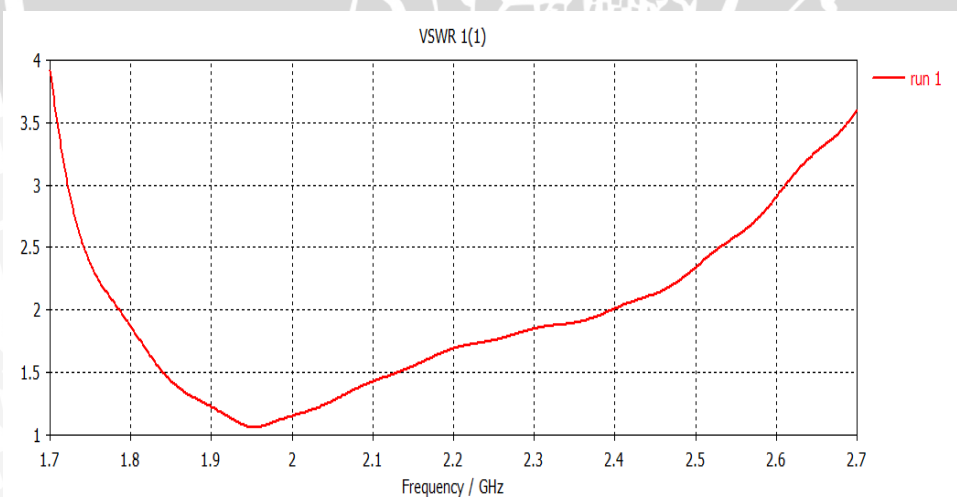
Variabel	Dimensi (mm)
a	36,4
b	26,28
L	11,2
W1	79,49
W2	74,52
h1	26,22
h2	13,52
h3	23,74
h4	63,48
S	-0,46

Sumber: Perancangan

Dengan dimensi tersebut antenna diatas, disimulasikan kembali hingga diperoleh hasil seperti tercantum pada sub bab 4.6.1.3 sampai dengan 4.6.1.6 :

4.6.1.3 Bandwidth (VSWR dan Return Loss)

4.6.1.3.1 VSWR

**Grafik 4.3** Grafik VSWR Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot Persegi Panjang

Sumber: Simulasi

Grafik 4.3 menunjukkan bahwa VSWR mulai dibawah 2 antara frekuensi 1900 - 2400 MHz. Kemudian nilai VSRW berangsur-angsur naik, karena antenna telah mencapai kondisi *maching*.

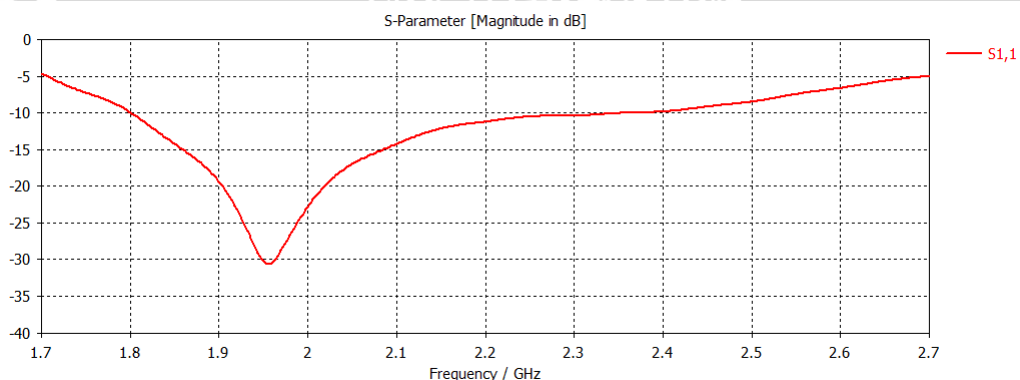
Tabel 4.6 Tabel VSWR Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot Persegi Panjang

Frekuensi (Mhz)	VSWR
1700	3,92
1800	1,87
1900	1,22
2000	1,15
2100	1,42
2200	1,69
2300	1,85
2400	2,01
2500	2,34
2600	2,91
2700	3,6

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi VSWR antenna menunjukkan bahwa antenna telah memenuhi perencanaan antenna dengan nilai VSWR dibawah 2 pada frekuensi 1800-2300 MHz.

4.6.1.3.2 Return Loss



Grafik 4.4 Grafik *Return Loss* Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot Persegi panjang

Sumber: Simulasi

Grafik 4.4 menunjukkan *Return Loss* mulai dibawah -10 dB ketika frekuensi 1800-2300 MHz. Pada rentang frekuensi tersebut antenna mempunyai performansi terbaik karena terjadi *matching* sempurna antara *transmitter* dan antenna.

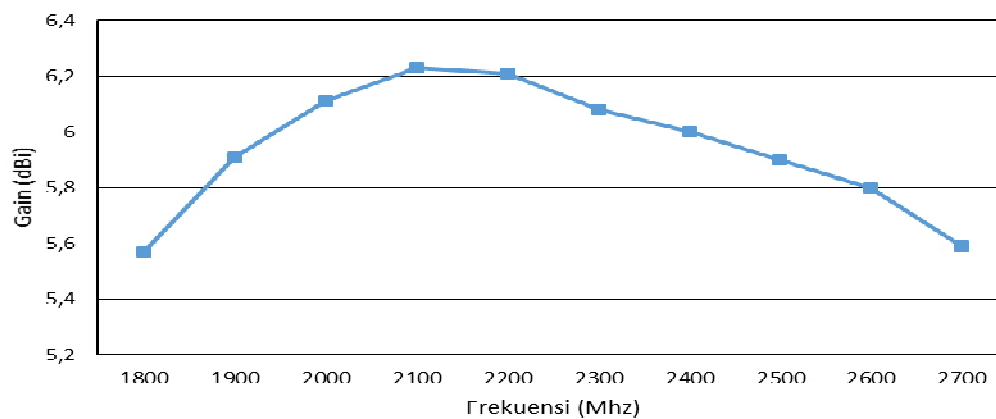
Tabel 4.7 Tabel *Return Loss* Antena Mikrostrip Egg dengan Slot Persegi panjang

Frekuensi (Mhz)	<i>Return Loss</i> (dB)
1700	-4,45
1800	-9,81
1900	-19,01
2000	-22,66
2100	-14,38
2200	-11,31
2300	-10,47
2400	-9,91
2500	-8,51
2600	-6,61
2700	-5,02

Sumber: Simulasi

Hasil simulasi antenna menunjukkan bahwa antenna memiliki nilai *return loss* dibawah -10 dB pada rentang frekuensi 1700 - 2700 MHz.

4.6.1.4 Gain



Grafik 4.5 Grafik *Gain* Antena Mikrostrip Egg dengan Slot Persegi panjang

Sumber: Simulasi

Grafik 4.5 dapat diketahui nilai *gain* antenna terus naik hingga mencapai nilai *gain* maksimum 6,23 dBi pada frekuensi 2,1 GHz. Setelah mencapai *gain* maksimum, *gain* mengalami penurunan karena antenna telah mencapai daya maksimum nya.

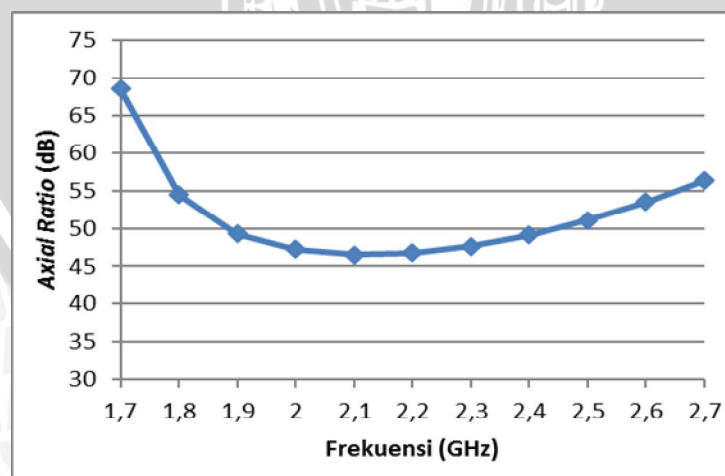
Tabel 4.8 Tabel *Gain* Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot Persegi panjang

Frekuensi (MHz)	<i>Gain</i> (dBi)
1800	5,57
1900	5,91
2000	6,11
2100	6,23
2200	6,21
2300	6,08
2400	6
2500	5,9
2600	5,8
2700	5,59

Sumber: Simulasi

Tabel 4.8 menunjukan *gain* terbaik antenna pada frekuensi 2100 MHz adalah sebesar 6,23 dBi.

4.6.1.5 Polarisasi



Grafik 4.6 Grafik *Axial Ratio* Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot Persegi panjang

Sumber: Simulasi

Grafik 4.6 menunjukkan nilai variasi frekuensi terhadap *Axial Ratio*. Perhitungan *Axial Ratio* diperlukan untuk menentukan jenis polarisasi suatu antenna. Dari grafik 4.6 dapat disimpulkan bahwa antenna mempunyai polarisasi *elips* karena mempunyai nilai $1 < AR < \infty$.

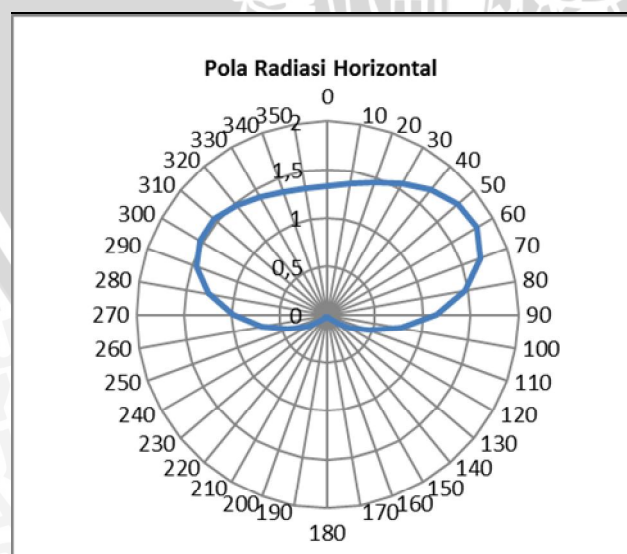
Tabel 4.9 Tabel *Axial Ratio* Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot Persegi panjang

Frekuensi (MHz)	<i>Axial Ratio</i> (dB)
1700	68,52
1800	54,43
1900	49,23
2000	47,21
2100	46,55
2200	46,75
2300	47,63
2400	49,07
2500	51,04
2600	53,47
2700	56,33

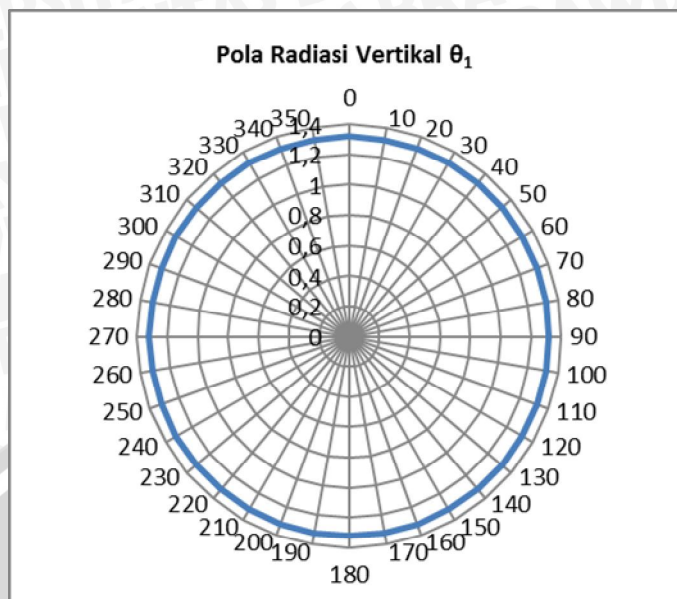
Sumber: Simulasi

Hasil simulasi polarisasi antenna menunjukkan nilai *axial ratio* pada frekuensi 2100 MHz sebesar 46,55 dB dengan polarisasinya berbentuk *elips*.

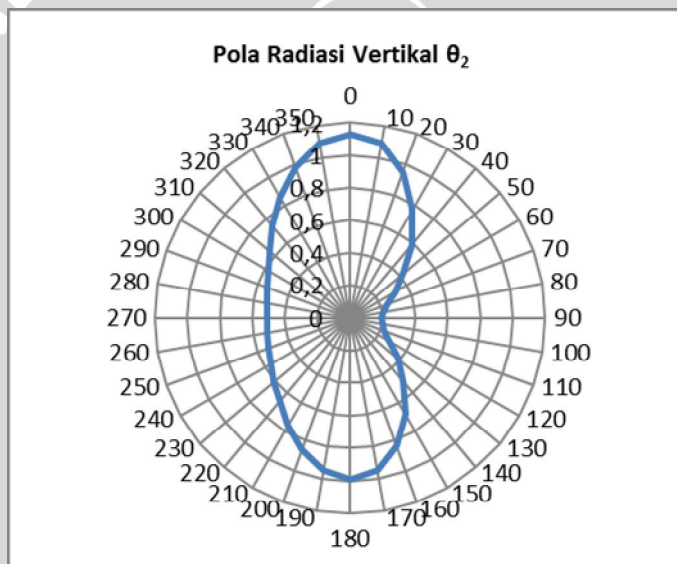
4.6.1.6 Pola Radiasi



(a)



(b)



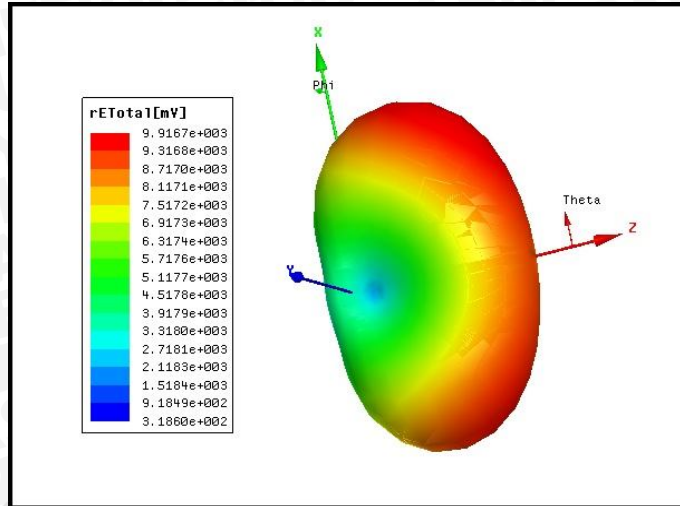
(c)

Gambar 4.3 Diagram polar pola radiasi antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang pada frekuensi 2100 MHz

(a) Pola radiasi horizontal, (b) Pola radiasi vertikal θ_1 (c) Pola radiasi vertikal θ_2

Sumber : Simulasi

Gambar 4.3 menunjukkan diagram polar pola radiasi antenna yang terdiri atas tiga bagian yaitu horizontal, vertikal θ_1 , dan vertikal θ_2 . Kemudian ketiga nya dibuat dalam bentuk 3D seperti pada gambar 4.4 :

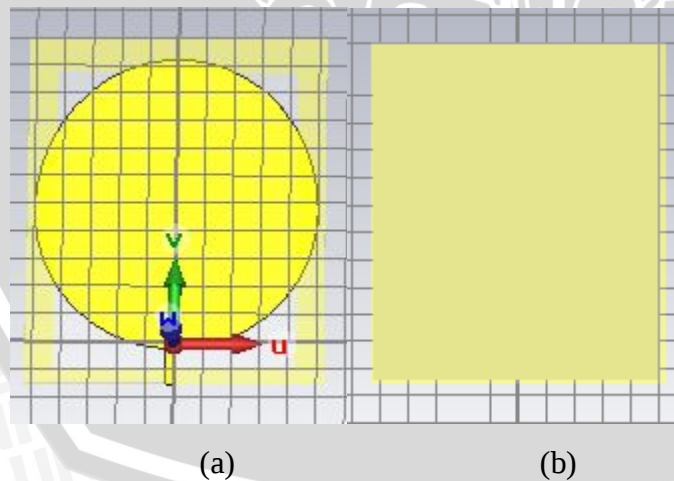


Gambar 4.4 Gambar 3D pola radiasi antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang pada frekuensi 2100 MHz

Sumber : Simulasi

Gambar 4.4 menunjukkan pola radiasi antenna dalam 3D berbentuk *bidirectional*. Artinya antenna mempunyai pola radiasi ke dua arah yaitu horizontal dan vertikal.

4.6.2 Simulasi Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot Menggunakan Simulator CST



Gambar 4.5 Bentuk geometri antenna mikrostrip *egg* tanpa slot

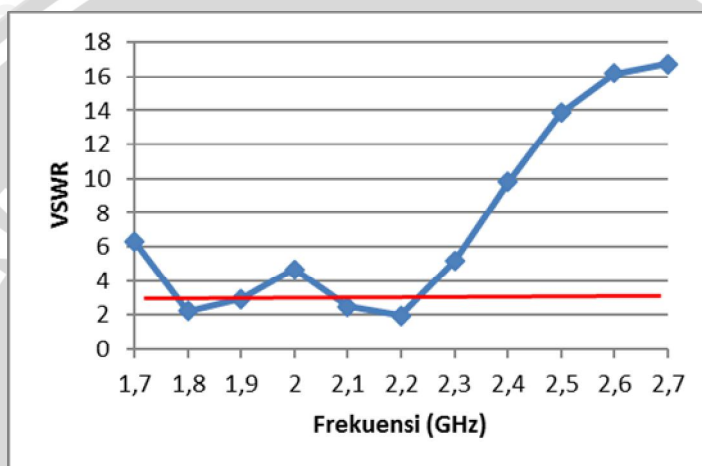
(a) Tampak depan; (b) Tampak belakang

Sumber: Perencanaan

Gambar 4.5 merupakan geometri antenna mikrostrip *egg* tanpa slot dengan dimensi yang sama dengan dimensi hasil perhitungan dan optimasi antenna *egg* dengan slot persegi panjang. Berikut ini merupakan hasil simulasi antenna mikrostrip *egg* tanpa slot:

4.6.2.1 Bandwidth (VSWR dan Return Loss)

4.6.2.1.1 VSWR



Grafik 4.7 Grafik VSWR Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot

Sumber: Simulasi

Grafik 4.7 menunjukkan nilai VSWR < 2 saat frekuensi 1800-1900 MHz dan 2100-2200 MHz sehingga mempunyai rentang frekuensi yang sangat kecil.

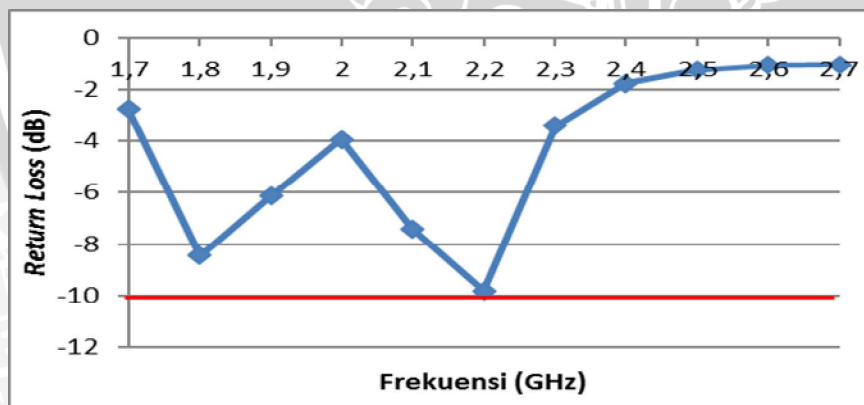
Tabel 4.10 Tabel VSWR Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot

Frekuensi (Mhz)	VSWR
1700	6,28
1800	2,21
1900	2,94
2000	4,66
2100	2,48
2200	1,95
2300	5,15
2400	9,79
2500	13,86
2600	16,19
2700	16,74

Sumber: Simulasi

Tabel 4.10 menunjukkan antena hanya dapat bekerja pada frekuensi 2200 MHz. Hal ini tidak sesuai dengan keinginan penulis yaitu antena mempunyai frekuensi *ultra wideband*.

4.6.2.1.2 Return Loss

**Grafik 4.8** Grafik *Return Loss* Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot

Sumber: Simulasi

Grafik 4.8 menunjukkan bahwa nilai *Return Loss* selalu berada diatas -10 dB. Hal ini tidak memenuhi parameter antena yang baik yaitu *Return Loss* dibawah -10 dB.

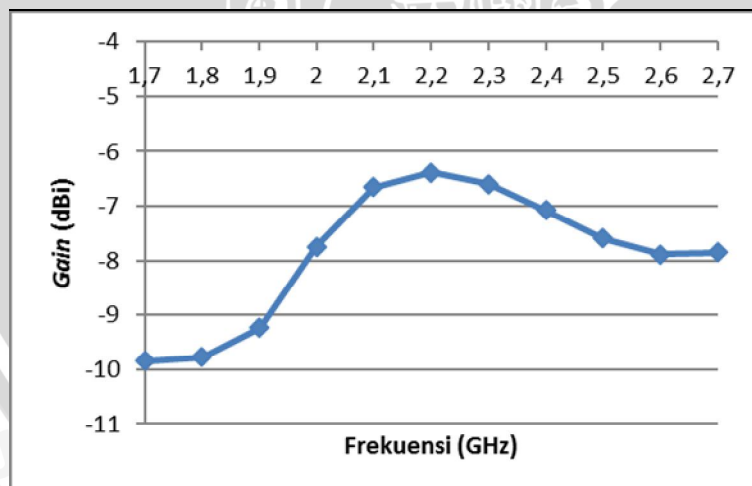
Tabel 4.11 Tabel *Return Loss* Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot

Frekuensi (Mhz)	<i>Return Loss</i> (dB)
1700	-2,78
1800	-8,46
1900	-6,14
2000	-3,96
2100	-7,43
2200	-9,8
2300	-3,41
2400	-1,78
2500	-1,26
2600	-1,07
2700	-1,04

Sumber: Simulasi

Tabel 4.11 menunjukkan nilai *Return Loss* diatas -10 dB sehingga daya yang dipantulkan antena semakin besar, akibatnya performansi antena tidak baik.

4.6.2.2 Gain



Grafik 4.9 Grafik *Gain* Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot

Sumber: Simulasi

Grafik 4.9 menunjukkan nilai *gain* antena sangat kecil dibawah -4 dBi, sehingga dapat disimpulkan antena tidak akan bekerja dengan baik.

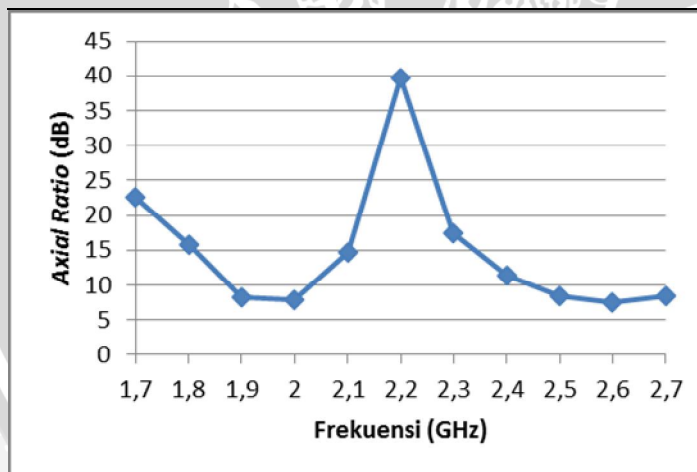
Tabel 4.12 Tabel *Gain* Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot

Frekuensi (MHz)	<i>Gain</i> (dBi)
1700	-9,85
1800	9,78
1900	-9,24
2000	-7,74
2100	-6,66
2200	-6,39
2300	-6,6
2400	-7,08
2500	-7,59
2600	-7,89
2700	-7,85

Sumber: Simulasi

Tabel 4.12 menunjukkan antena tidak memenuhi syarat antena yang baik yaitu mempunyai *gain* yang besar yaitu diatas 2 dBi.

4.6.2.3 Polarisasi

**Grafik 4.10** Grafik *Axial Ratio* Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot

Sumber: Simulasi

Grafik 4.10 menunjukkan nilai *Axial Ratio* kurang stabil dan mempunyai nilai yang kecil (pada frekuensi 1900 MHz – 2000 MHz dan 2400 – 2700 MHz, nilai *Axial Ratio* dibawah 10 dB), sehingga dapat disimpulkan antena tidak akan bekerja dengan baik.

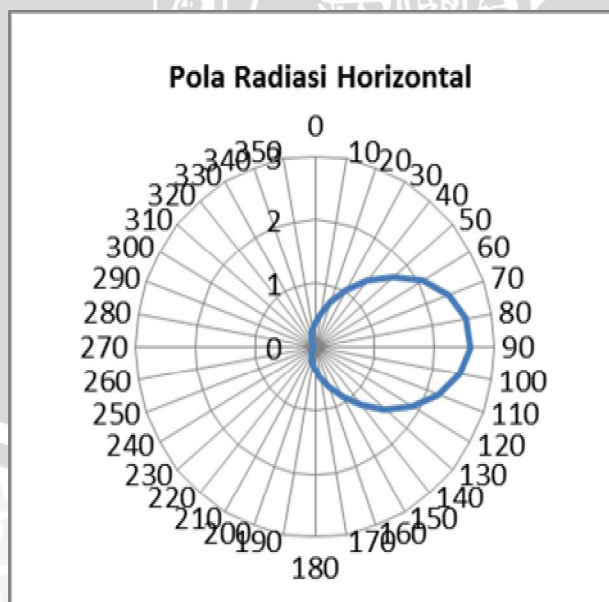
Tabel 4.13 Tabel *Axial Ratio* Antena Mikrostrip Egg Tanpa Slot

Frekuensi (MHz)	<i>Axial Ratio</i> (dB)
1700	22,65
1800	15,84
1900	8,18
2000	7,9
2100	14,78
2200	39,65
2300	17,44
2400	11,39
2500	8,36
2600	7,44
2700	8,38

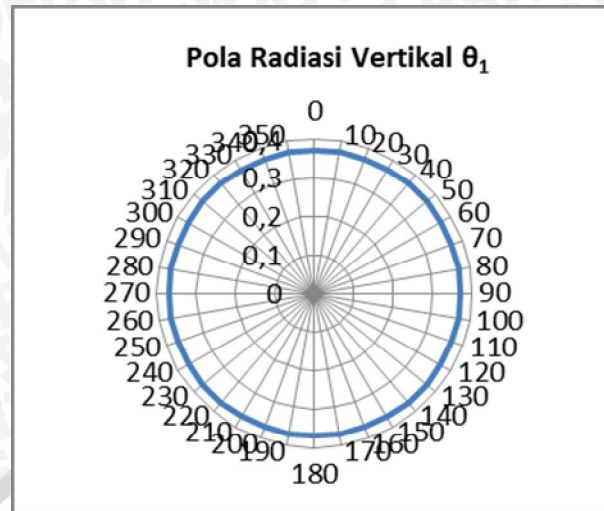
Sumber: Simulasi

Tabel 4.13 menunjukkan *Axial Ratio* mempunyai nilai yang tinggi hanya saat frekuensi 2200 MHz, sehingga tidak memenuhi syarat antena *ultra wideband* yaitu mempunyai rentang frekuensinya yang lebar.

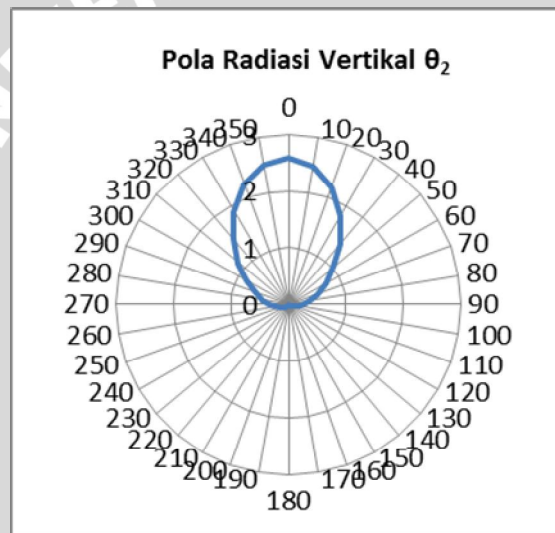
4.6.2.4 Pola Radiasi



(a)



(b)



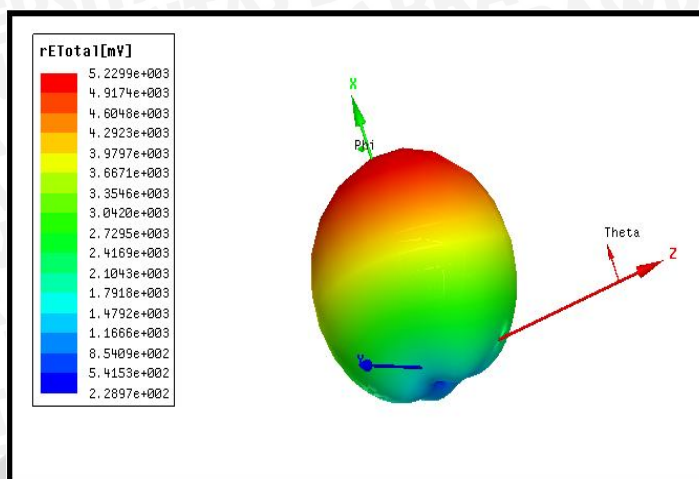
(c)

Gambar 4.6 Diagram polar pola radiasi antenna mikrostrip *egg* tanpa slot pada frekuensi 2100 MHz

(a) Pola radiasi horizontal, (b) Pola radiasi vertikal θ_1 (c) Pola radiasi vertikal θ_2

Sumber : Simulasi

Gambar 4.6 menunjukkan diagram polar pola radiasi antenna yang terdiri atas tiga bagian yaitu horizontal, vertikal θ_1 , dan vertikal θ_2 . Kemudian ketiganya dibuat dalam bentuk 3D seperti pada gambar 4.4 :



Gambar 4.7 Gambar 3D pola radiasi antenna mikrostrip *egg* tanpa slot pada frekuensi 2100 MHz

Sumber : Simulasi

Gambar 4.7 menunjukkan pola radiasi antenna dalam 3D berbentuk *directional* yaitu hanya ke atas.



4.7 Perbandingan Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot Persegi Panjang dan Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot

Tabel 4.14 Tabulasi Hasil Simulasi Perbandingan Antena Mikrostrip *Egg* dengan Slot Persegi panjang Terhadap Antena Mikrostrip *Egg* Tanpa Slot

Jenis Slot	Bandwidth		Gain (dBi)	Polarisasi		Jenis Pola Radiasi
	Rentang Frekuensi (MHz)	Total Bandwidth (MHz)		Axial Ratio (dB)	Jenis Polarisasi	
Slot Persegi Panjang	1700 - 2700	560	6,23	46,55	Elips	<i>Bidirectional</i>
Tanpa Slot	0	0	-6,66	14,78	Elips	<i>Directional</i>

Sumber: Simulasi

Tabel 4.14 menunjukkan perbandingan hasil simulasi antena dengan menggunakan slot dan tanpa slot. Performansi antena yang baik didapatkan ketika menggunakan slot yaitu *bandwidth* yang lebar sebesar 560 MHz dan *gain* yang besar pula 6,23 dBi. Sedangkan ketika tanpa slot antena tidak dapat bekerja karna *bandwidth* nya 0 dan *gain* yang kecil

BAB V

ANALISIS PENGUJIAN ANTENA MIKROSTRIP EGG DENGAN SLOT PERSEGI PANJANG

5.1 Tinjauan Umum

Untuk mengetahui karakteristik antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang yang telah dirancang dan difabrikasi, maka dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter antenna tersebut terhadap frekuensi kerjanya. Setelah diperoleh hasil pengukuran, maka dilakukan analisis.

Tujuan pengukuran ini adalah untuk mendapatkan data karakteristik antenna yang telah dibuat. Pengukuran yang dilakukan meliputi:

- a. pengukuran *return loss*, koefisien pantul, dan perhitungan *VSWR*
- b. pengukuran *gain*
- c. pengukuran polarisasi
- d. pengukuran pola radiasi

Dari data pengukuran dan perhitungan *VSWR*, maka diketahui nilai *bandwidth* antenna. Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium Sistem Transmisi Teknik Telekomunikasi LIPI Bandung.

5.2 Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul, dan Perhitungan *VSWR*

5.2.1 Alat-Alat yang Digunakan

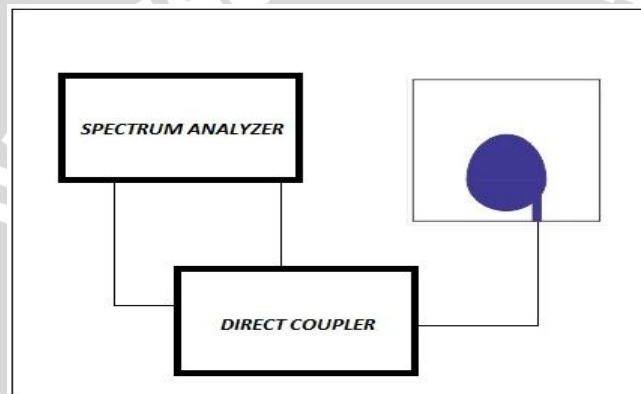
Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran *return loss* yaitu:

- *GW Instek Spectrum Analyzer 2,7 GHz*
- *Directional Coupler*
- Antena uji
- Kabel Koaksial RG-58A/U
- *Adapter N to BNC*

5.2.2 Prosedur Pengukuran

Prosedur dalam pengukuran *return loss* adalah sebagai berikut:

- Menyalakan alat ukur *Spectrum Analyzer* yang telah terhubung dengan *Directional Coupler*
- Menghubungkan Kabel Koaksial RG-58 A/U dengan alat ukur *Spectrum Analyzer*
- Melakukan kalibrasi pada *Spectrum Analyzer*
- Menghubungkan *Spectrum Analyzer* dengan Antena Uji sehingga terbentuk rangkaian seperti pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Rangkaian pengukuran *return loss*

Sumber: Pengujian

- Mengatur *range* frekuensi *Spectrum Analyzer* pada 1700 – 2700 MHz
- Mencatat nilai *return loss* yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer*
- Menghitung nilai koefisien pantul dan VSWR pada setiap rentang frekuensi.

5.2.3 Hasil Pengukuran

Nilai koefisien pantul dan VSWR pada frekuensi resonansi dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

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

$$\Gamma = 10^{\left(\frac{RL}{20}\right)}$$

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

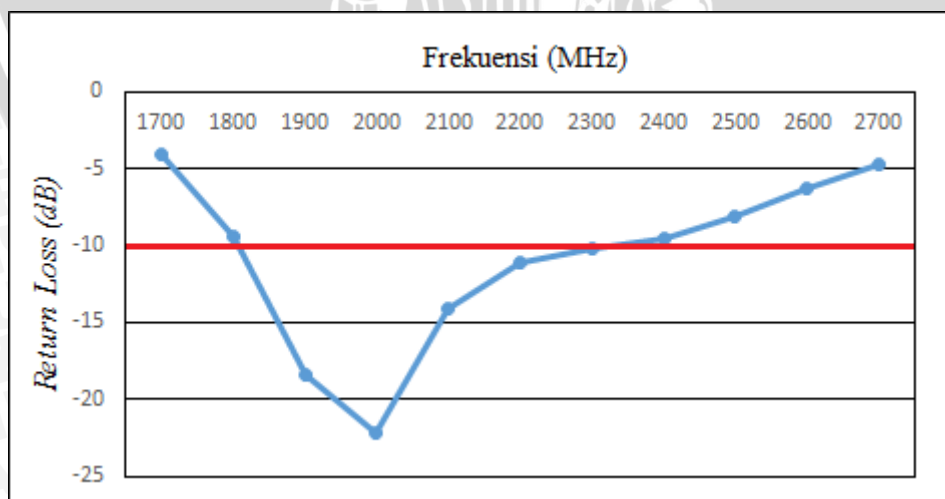
Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran *return loss*, koefisien pantul dan *VSWR* antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran *Return Loss*, Perhitungan Koefisien Pantul dan Perhitungan *VSWR* Antena Uji

Frekuensi (MHz)	Return Loss (dB)	Koefisien Pantul	VSWR
1700	-5,06	0,18	3,45
1800	-10,43	0,28	1,57
1900	-18,34	0,37	1,02
2000	-20,23	0,43	1,01
2100	-13,14	0,3	1,19
2200	-10,17	0,28	1,23
2300	-12,18	0,22	1,46
2400	-11,59	0,13	1,68
2500	-7,17	0,09	2,69
2600	-5,25	0,12	2,98
2700	-3,78	0,12	3,91

Sumber: Pengujian

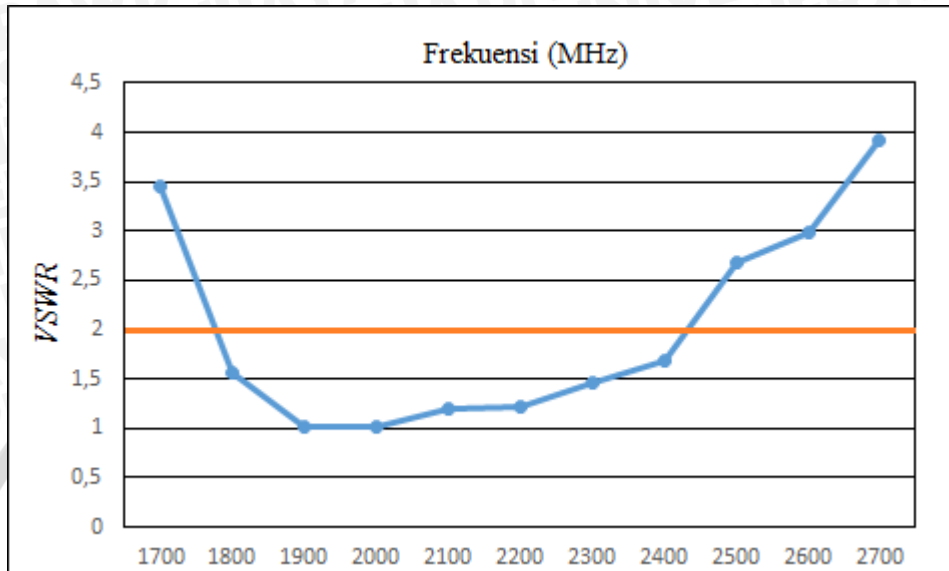
Selanjutnya dari data hasil pengukuran *return loss*, perhitungan koefisien pantul dan perhitungan *VSWR*, dapat dibuat grafik fungsi terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada Grafik 5.1 dan Grafik 5.2.



Grafik 5.1 Grafik Fungsi *Return Loss* Antena Uji Terhadap Frekuensi

Sumber: Pengujian

Grafik 5.1 menunjukkan *Return Loss* mulai dibawah -10 dB ketika frekuensi 1800-2300 MHz. Pada rentang frekuensi tersebut antenna mempunyai performansi terbaik karena terjadi *matching* sempurna antara *transmitter* dan antenna.



Grafik 5.2 Grafik Fungsi VSWR Antena Uji Terhadap Frekuensi

Sumber : Pengujian

Grafik 5.2 menunjukkan bahwa VSWR mulai dibawah 2 antara frekuensi 1900 - 2400 MHz. Kemudian nilai VSRW berangsur-angsur naik, karena antenna telah mencapai kondisi *matching*.

5.2.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang ini memiliki nilai VSWR dibawah 2 dan *return loss* dibawah -10 dB pada rentang frekuensi 1800 - 2400 MHz. Dapat disimpulkan bahwa antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang memiliki *bandwidth* sebesar 600 MHz.

5.3 Pengukuran *Gain* Antena

5.3.1 Alat-Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran *gain* yaitu:

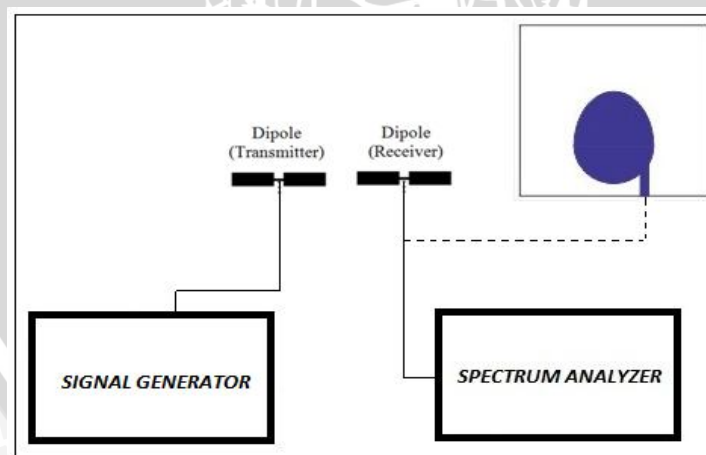
- Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 kHz – 3GHz
- GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-827 2,7GHz

- Dua buah antenna standar *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$
- Anten uji
- Kabel Koaksial RG-58A/U
- *Adapter* N to BNC
- Dua buah tiang penyangga

5.3.2 Prosedur Pengukuran

Prosedur dalam pengukuran *gain* adalah sebagai berikut:

- Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.2
- Memasang dua buah antenna *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ secara sejajar sebagai antenna pemancar dan sebagai antenna penerima (sebagai antenna referensi)
- Mengatur frekuensi awal pada *Signal Generator* sebesar 1700 MHz, kemudian mencatat daya antenna *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ yang terukur pada *Spectrum Analyzer*
- Mengatur kenaikan frekuensi *Signal Generator* dengan step 100 MHz hingga 2700 MHz kemudian catat nilai daya yang terukur pada *Spectrum Analyzer*
- Mengganti antenna *dipole* pada sisi penerima dengan antenna uji, kemudian ulangi langkah c,d, dan e.



Gambar 5.2 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena Uji

Sumber: Pengujian

5.3.3 Hasil Pengukuran

Setelah dilakukan pengukuran, akan diperoleh beberapa parameter yaitu daya antenna referensi (P_{Ref}), daya antenna yang diuji (P_U). Dari kedua parameter tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *gain* antenna yang diuji (G_U). *Gain* antenna dihitung dengan menggunakan persamaan:

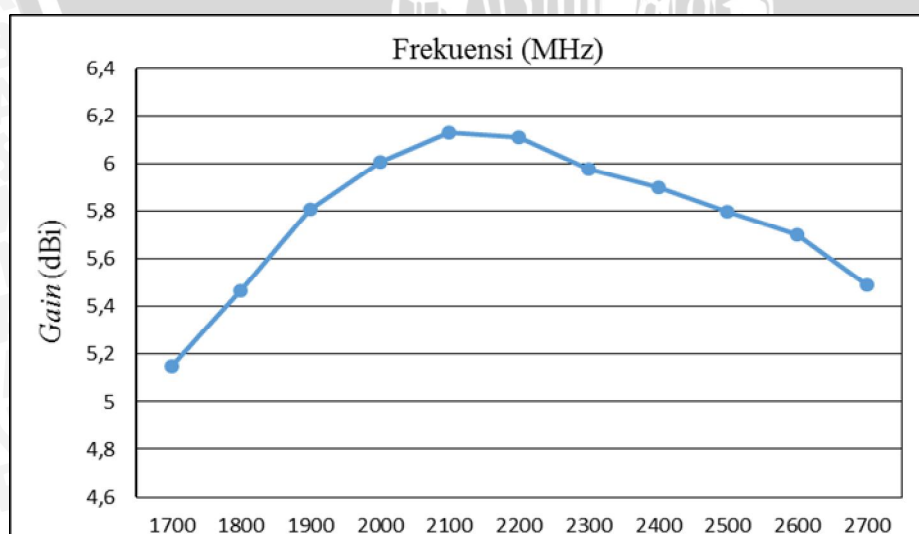
$$G \text{ (dBi)} = 2,15 + P_U \text{ (dBm)} - P_R \text{ (dBm)}$$

Hasil perhitungan *gain* antenna ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengukuran *Gain* Antena Uji

Frekuensi (MHz)	Daya Referensi (dBm)	Daya Uji (dBm)	<i>Gain</i> (dBi)
1700	-63,7	-60,7	5,15
1800	-68,12	-64,8	5,47
1900	-68,56	-64,9	5,81
2000	-60,16	-56,3	6,01
2100	-68,38	-64,4	6,13
2200	-73,76	-69,8	6,11
2300	-58,13	-54,7	5,98
2400	-74,15	-70,4	5,9
2500	-65,55	-61,9	5,8
2600	-78,05	-74,5	5,7
2700	-73,44	-70,1	5,49

Sumber: Pengujian



Grafik 5.3 Grafik Fungsi *Gain* Antena Uji Terhadap Frekuensi

Sumber : Pengujian

Grafik 5.3 menampilkan hasil pengukuran dari variasi frekuensi terhadap *gain* antenna. Dari tabel diatas, diketahui nilai *gain* antenna terus naik hingga mencapai nilai *gain* maksimum 6,13 dBi pada frekuensi 2,1 GHz. Setelah mencapai nilai *gain* maksimum, *gain* mengalami penurunan karena antenna telah mencapai daya maksimum nya.

5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran

Pada pengukuran *gain* menggunakan antenna referensi yaitu antenna *dipole* $\lambda/2$ dengan nilai *gain* standar 2.15 dBi. Hasil pengukuran diatas menunjukkan antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang memiliki nilai *gain* positif pada seluruh rentang frekuensi yang diujikan. *Gain* tertinggi terdapat pada frekuensi 2100 MHz sebesar 6,13 dBi. Rata-rata *gain* antenna mikrostrip yaitu sebesar 5,77 dBi.

5.4 Pengukuran Polarisasi

5.4.1 Alat-alat yang Digunakan

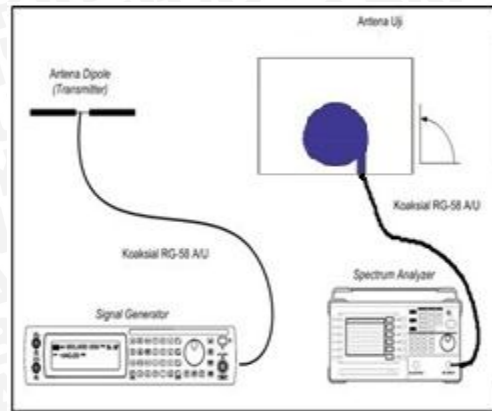
Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran polarisasi yaitu:

- Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 kHz - 3 GHz
- GW Instek *Spectrum Analyzer* 2,7 GHz
- Sebuah antenna standar dipole $\frac{1}{2}\lambda$ sebagai pemancar
- Antena uji
- *Adapter* N to BNC
- Dua buah tiang penyangga dengan skala sudut putar
- *Rotator* antenna

5.4.2 Prosedur Pengukuran

Prosedur dalam pengukuran polarisasi adalah sebagai berikut:

- a. Memasang antenna *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ sebagai antenna pemancar yang dihubungkan dengan *sinyal generator* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.3
- b. Memasang antenna uji sebagai antenna penerima yang dihubungkan dengan *spectrum analyzer*.



Gambar 5.3 Rangkaian pengukuran polarisasi antena uji

Sumber : Pengujian

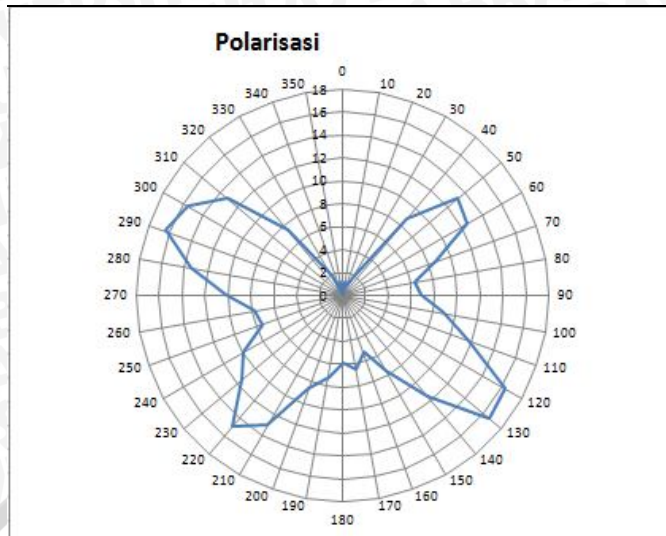
- c. Mengatur posisi kedua antena menjadi sejajar satu sama lain, kemudian mengatur keluaran *signal generator* pada frekuensi 2100 MHz
- d. Memutar antena uji menggunakan *rotator* dari sudut 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran
- e. Melakukan analisa perhitungan nilai normalisasi untuk tiap sudut putarnya

5.4.3 Hasil Pengukuran

Tabel 5.3 Hasil Pengukuran Polarisasi pada Antena Uji

Sudut (derajat)	Level Terima (dBm)	Normalisasi
0	-59,6	0,3
10	-60,4	1,1
20	-60,2	0,9
30	-61,3	2
40	-67,9	8,6
50	-72,4	13,1
60	-71,8	12,5
70	-67,8	8,5
80	-65,6	6,3
90	-66,1	6,8
100	-68,1	8,8
110	-71	11,7
120	-75,6	16,3
130	-75,9	16,6
140	-70,8	11,5
150	-66,9	7,6
160	-64,6	5,3
170	-65,9	6,6
180	-65,2	5,9
190	-66,6	7,3
200	-67,9	8,6
210	-72,4	13,1
220	-74,2	14,9
230	-70,7	11,4
240	-69,3	10
250	-66,7	7,4
260	-67,1	7,8
270	-69,4	10,1
280	-72,7	13,4
290	-75,7	16,4
300	-74,9	15,6
310	-72,4	13,1
320	-66,7	7,4
330	-61,2	1,9
340	-59,3	0
350	-60,4	1,1
360	-59,6	0,3

Sumber: Pengujian



Gambar 5.4 Diagram polar polarisasi antenna uji

Sumber: Pengujian

5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran

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

5.5 Pengukuran Pola Radiasi

5.5.1 Alat-alat yang Digunakan

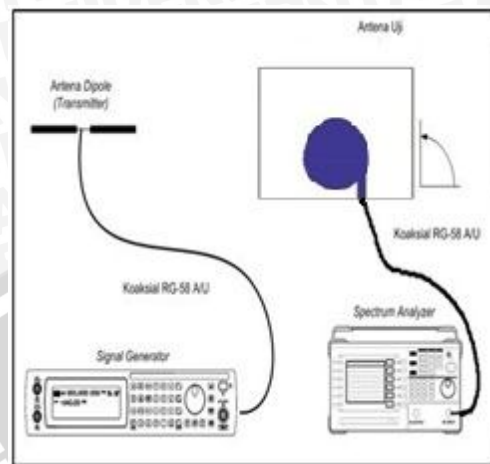
Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran pola radiasi yaitu:

- Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 kHz - 3 GHz
- GW Instek *Spectrum Analyzer* 2,7 GHz
- Sebuah antenna standar dipole $\frac{1}{2}\lambda$ sebagai pemancar
- Antena uji
- Kabel adapter N to BNC
- Dua buah tiang penyangga
- *Rotator* antenna

5.5.2 Prosedur Pengukuran

Prosedur dalam pengukuran pola radiasi adalah sebagai berikut:

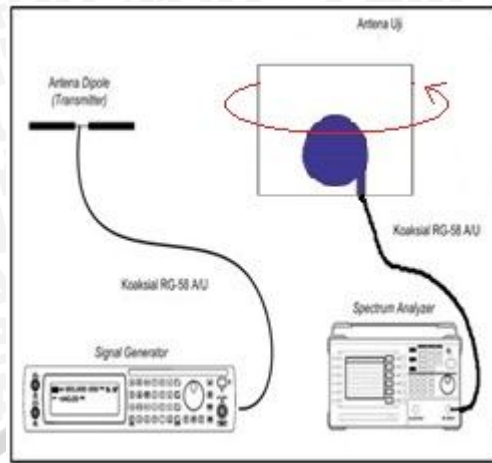
- a. Memasang antenna *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ sebagai antenna pemancar yang dihubungkan dengan *sinyal generator* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.5



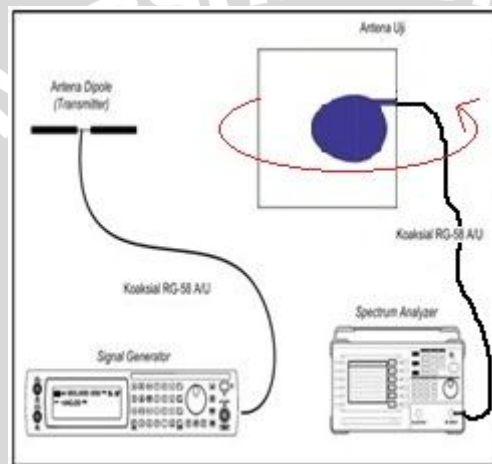
Gambar 5.5 Rangkaian pengukuran pola radiasi horizontal antenna uji

Sumber : Pengujian

- b. Memasang antenna uji secara horizontal sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.5
- c. Mengatur *signal generator* pada frekuensi 2100 MHz
- d. Memutar antenna uji dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran untuk mendapatkan nilai pola radiasi horizontal
- e. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya
- f. Memasang antenna uji secara vertikal sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.6



(a)



(b)

Gambar 5.6 (a) Rangkaian pengukuran pola radiasi vertikal antena uji Φ_1 (b) Rangkaian pengukuran pola radiasi vertikal antena uji Φ_2

Sumber : Pengujian

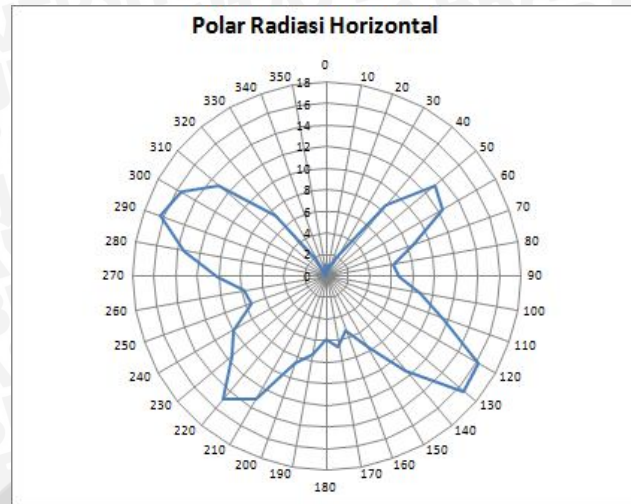
- g. Memutar antena uji dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran untuk mendapatkan nilai pola radiasi vertikal
- h. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya

5.5.3 Hasil Pengukuran

Tabel 5.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Uji

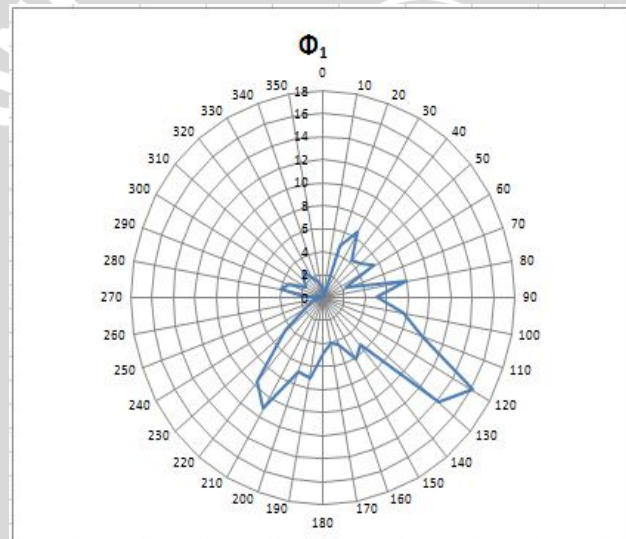
Sudut (derajat)	Pola Radiasi Horizontal		Pola Radiasi Vertikal			
			Φ_1		Φ_2	
	Level Terima (dBm)	Normalisasi	Level Terima (dBm)	Normalisasi	Level Terima (dBm)	Normalisasi
0	-59,6	0,3	-56,7	0,5	-59	3,8
10	-60,4	1,1	-56,2	0	-64,4	9,2
20	-60,2	0,9	-61	4,8	-58	2,8
30	-61,3	2	-62,8	6,6	-61	5,8
40	-67,9	8,6	-60,4	4,2	-60,8	5,6
50	-72,4	13,1	-60,8	4,6	-63,9	8,7
60	-71,8	12,5	-61,7	5,5	-65,9	10,7
70	-67,8	8,5	-58,5	2,3	-71,7	16,5
80	-65,6	6,3	-64,1	7,9	-69	13,8
90	-66,1	6,8	-61,3	5,1	-72,8	17,6
100	-68,1	8,8	-63,8	7,6	-71,1	15,9
110	-71	11,7	-66,1	9,9	-72,5	17,3
120	-75,6	16,3	-72,4	16,2	-70,7	15,5
130	-75,9	16,6	-70,4	14,2	-75,9	20,7
140	-70,8	11,5	-61,7	5,5	-66,3	11,1
150	-66,9	7,6	-62,4	6,2	-60,2	5
160	-64,6	5,3	-60,6	4,4	-58,3	3,1
170	-65,9	6,6	-60,3	4,1	-57,5	2,3
180	-65,2	5,9	-61	4,8	-55,2	0
190	-66,6	7,3	-63,4	7,2	-60,5	5,3
200	-67,9	8,6	-63,1	6,9	-60,6	5,4
210	-72,4	13,1	-67,4	11,2	-65,4	10,2
220	-74,2	14,9	-65,8	9,6	-63,5	8,3
230	-70,7	11,4	-60,8	4,6	-62	6,8
240	-69,3	10	-57,9	1,7	-64,6	9,4
250	-66,7	7,4	-57,1	0,9	-74,5	19,3
260	-67,1	7,8	-56,2	0	-73	17,8
270	-69,4	10,1	-57,8	1,6	-70,3	15,1
280	-72,7	13,4	-60,2	4	-69,2	14
290	-75,7	16,4	-59,5	3,3	-60,2	5
300	-74,9	15,6	-58	1,8	-59,9	4,7
310	-72,4	13,1	-58,4	2,2	-60,1	4,9
320	-66,7	7,4	-59,1	2,9	-59,5	4,3
330	-61,2	1,9	-58,2	2	-67,2	12
340	-59,3	0	-57,7	1,5	-63,5	8,3
350	-60,4	1,1	-57	0,8	-63,1	7,9
360	-59,6	0,3	-56,7	0,5	-59	3,8

Sumber: Pengujian

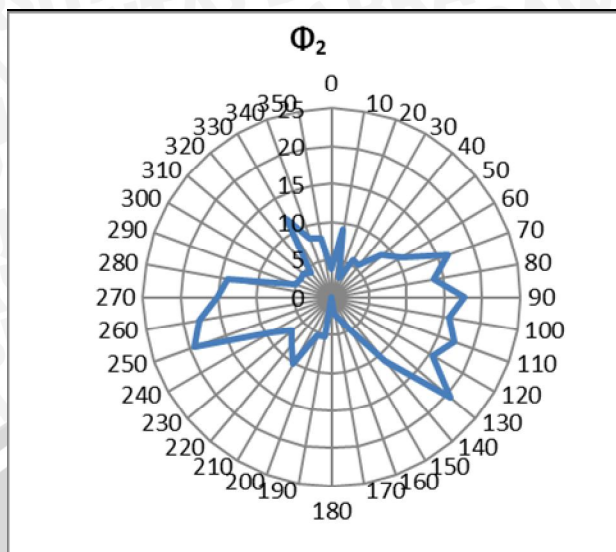


Gambar 5.7 Diagram polar pola radiasi horizontal antenna uji

Sumber : Pengujian



(a)



(b)

Gambar 5.8 Diagram polar pola radiasi vertikal antenna uji (a) Pola radiasi vertikal Φ_1 antenna uji (b) Pola radiasi vertikal Φ_2 antenna uji

Sumber : Pengujian

5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan tabel 5.4 dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar. Gambar 5.7 dan gambar 5.8 merupakan gambar pola radiasi antenna uji pada frekuensi 2100 MHz. Berdasarkan bentuk pola radiasi yang terlukis dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan adalah *omnidirectional*.

5.6 Analisis Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip Berdasarkan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Parameter hasil simulasi dan pengukuran antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang dinyatakan sebagai berikut.

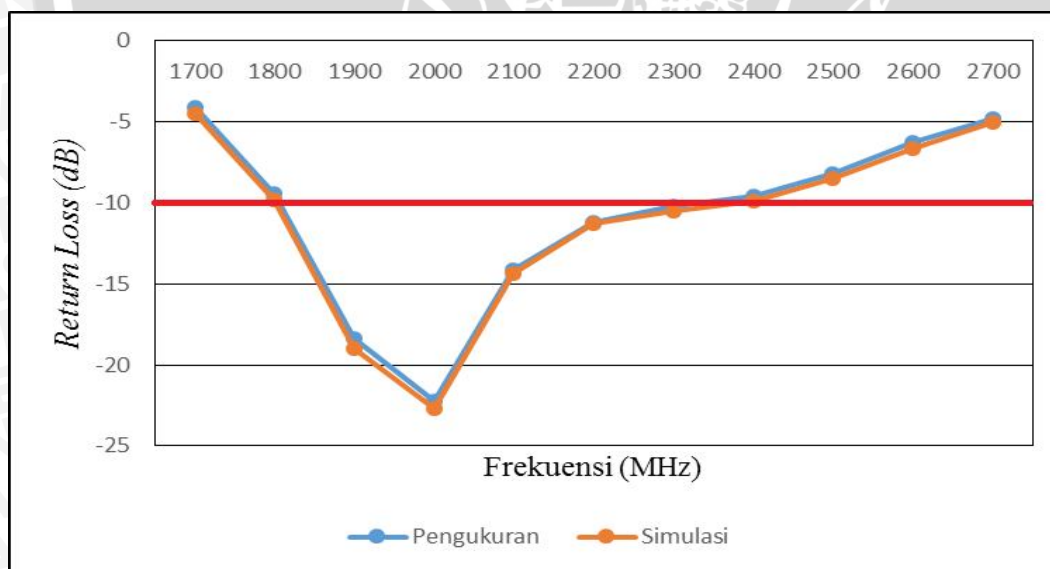
Tabel 5.5 Tabulasi Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Pengujian

Parameter Antena		Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Bandwidth	Rentang Frekuensi (MHz)	1802-2362	1800-2400
	Total Bandwith (MHz)	560	600
Gain	Frekuensi dengan Gain Maksimum (MHz)	2100	2100
	Nilai Gain (dB)	6,23	6,13
Polarisasi		elips	elips
Pola Radiasi	Jenis Pola Radiasi	<i>bidirectional</i>	<i>omnidirectional</i>

Sumber: Simulasi dan Pengujian

5.6.1 Bandwith (VSWR dan Return Loss)

5.6.1.1 Return Loss



Grafik 5.4 Grafik Return Loss Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian

Sumber: Simulasi dan Pengujian

Grafik 5.4 menunjukkan perbandingan antara Return Loss hasil simulasi dan pengujian. Return Loss hasil simulasi dan pengujian tidak

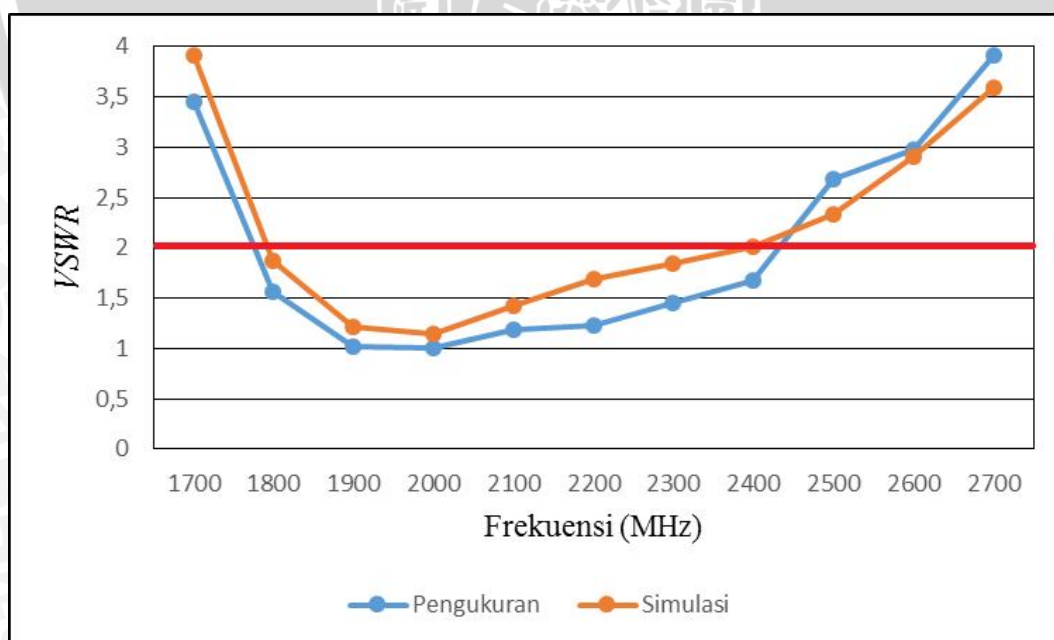
mempunyai perbedaan yang signifikan yaitu kurang dari 5 %. Hal ini karena ketelitian yang tinggi dari alat ukur dan melalui optimasi simulasi CST yang berulang - ulang.

Tabel 5.6 Perbandingan *Return Loss* Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian

Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> Hasil Pengukuran (dB)	<i>Return Loss</i> Hasil Simulasi (dB)
1700	-5,06	-4,45
1800	-10,43	-9,81
1900	-18,34	-19,01
2000	-20,23	-22,66
2100	-13,14	-14,38
2200	-10,17	-11,31
2300	-12,18	-10,47
2400	-11,59	-9,91
2500	-7,17	-8,51
2600	-5,25	-6,61
2700	-3,78	-5,02

Sumber : Simulasi dan Pengujian

5.6.1.2 VSWR



Grafik 5.5 Grafik VSWR Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian

Sumber : Simulasi dan Pengujian

Grafik 5.4 menunjukkan perbandingan antara VSWR hasil simulasi dan pengujian. Nilai VSWR hasil uji simulasi dan pengujian mulai memenuhi syarat $VSWR < 2$ ketika frekuensi 1800 MHz. Pada uji simulasi, frekuensi kerja berhenti di 2300 MHz sedangkan uji pengukuran berhenti di frekuensi 2400 MHz. Sehingga *bandwith* pada pengukuran jauh lebih lebar dibandingkan pada saat simulasi.

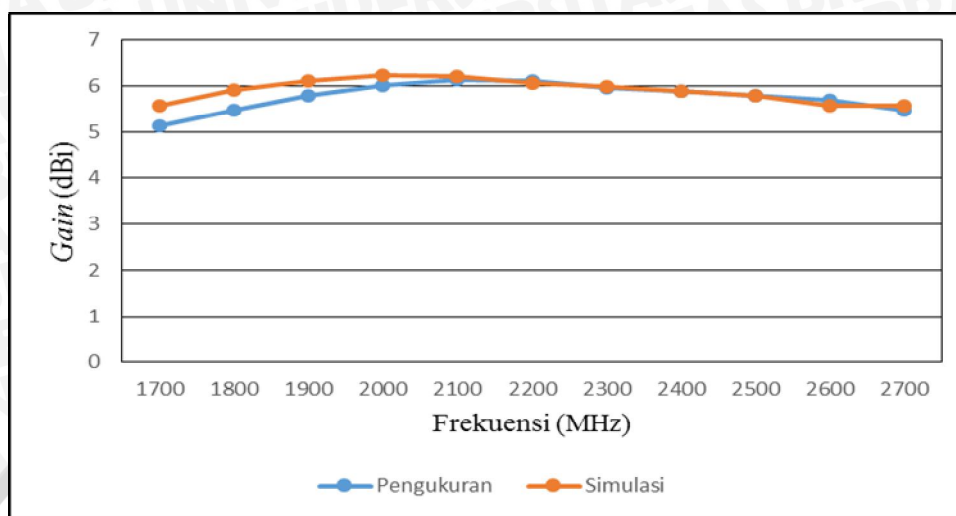
Tabel 5.7 Perbandingan VSWR Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian

Frekuensi (MHz)	VSWR Hasil Pengukuran	VSWR Hasil Simulasi
1700	3,45	3,92
1800	1,57	1,87
1900	1,02	1,22
2000	1,01	1,15
2100	1,19	1,42
2200	1,23	1,69
2300	1,46	1,85
2400	1,68	2,01
2500	2,69	2,34
2600	2,98	2,91
2700	3,91	3,6

Sumber : Simulasi dan Pengujian

Dari grafik dan tabel di atas terdapat perbedaan VSWR dan *return loss* antara hasil simulasi dengan pengukuran antenna. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang dapat bekerja optimal sepanjang rentang frekuensi 1800-2400 MHz. Sedangkan hasil pengujian menunjukkan bahwa antenna bekerja optimal pada rentang frekuensi 1800-2400 MHz sehingga didapatkan *bandwidth* 600 MHz. Oleh karena itu, *bandwidth* antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang memenuhi syarat FCC sebagai antenna *ultra wideband*.

5.6.2 Gain



Grafik 5.6 Grafik Gain Antena *Egg* dengan Slot Persegi panjang Hasil Simulasi dan Pengujian

Sumber : Simulasi dan Pengujian

Grafik 5.6 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara *gain* hasil simulasi dengan hasil pengukuran. Antena dirancang mempunyai *gain* yang besar karena untuk memenuhi standar antena mikrostrip *ultra wideband* yang baik.

Tabel 5.8 Perbandingan *Gain* Hasil Simulasi dan Pengujian

Frekuensi (MHz)	Gain Hasil Pengukuran (dBi)	Gain Hasil Simulasi (dBi)
1700	5,15	5,57
1800	5,47	5,91
1900	5,81	6,11
2000	6,01	6,23
2100	6,13	6,21
2200	6,11	6,08
2300	5,98	6
2400	5,9	5,9
2500	5,8	5,8
2600	5,7	5,59
2700	5,49	5,57

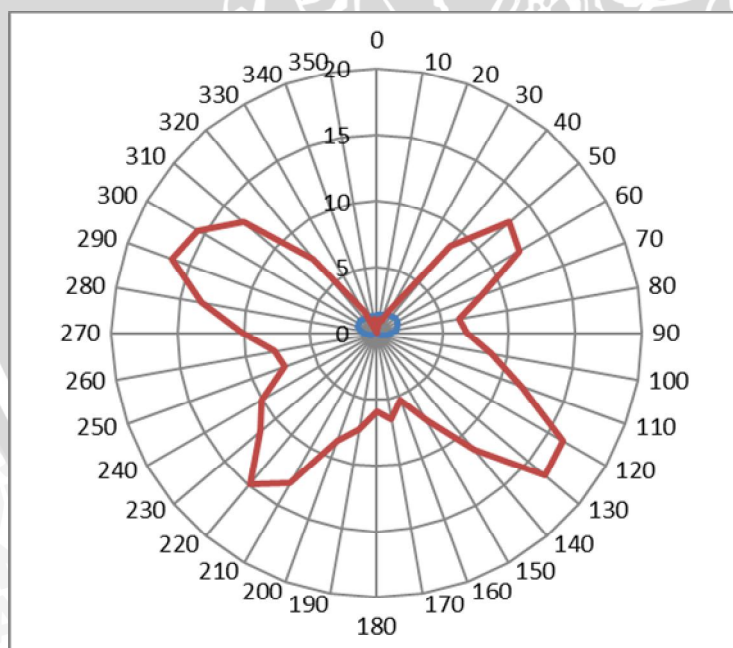
Sumber : Simulasi dan Pengujian

Dari Tabel 5.8 hanya sedikit perbedaan antara *gain* hasil simulasi dan pengujian. Hasil simulasi dan pengujian menunjukkan nilai *gain* antenna bernilai positif pada rentang frekuensi 1700-2700 MHz. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *gain* antenna hasil pengujian sedikit lebih rendah daripada hasil simulasi dan bernilai positif sepanjang *range* frekuensi.

5.6.3 Polarisasi

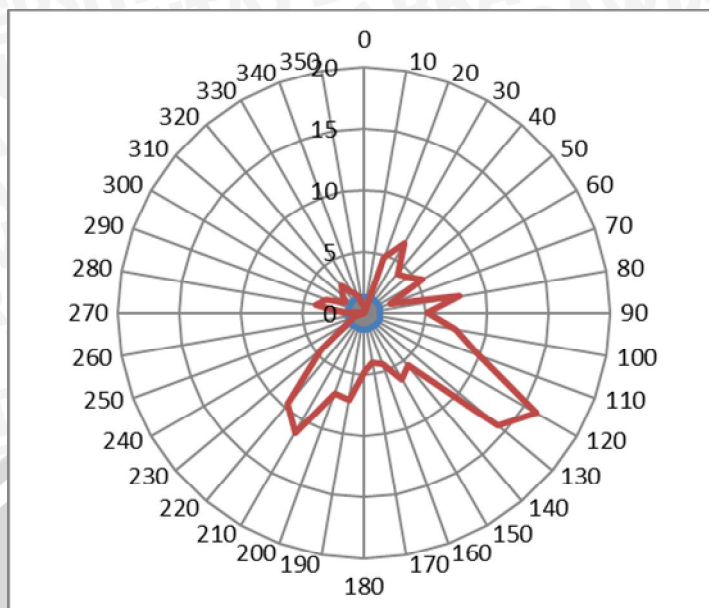
Berdasarkan hasil simulasi antenna menunjukkan nilai *axial ratio* antenna pada frekuensi kerja 2100 MHz adalah sebesar 14,78 dB yang berarti bahwa antenna memiliki polarisasi *elips*. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang diubah kedalam bentuk diagram polar menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang memiliki polarisasi *elips*.

5.6.4 Pola Radiasi



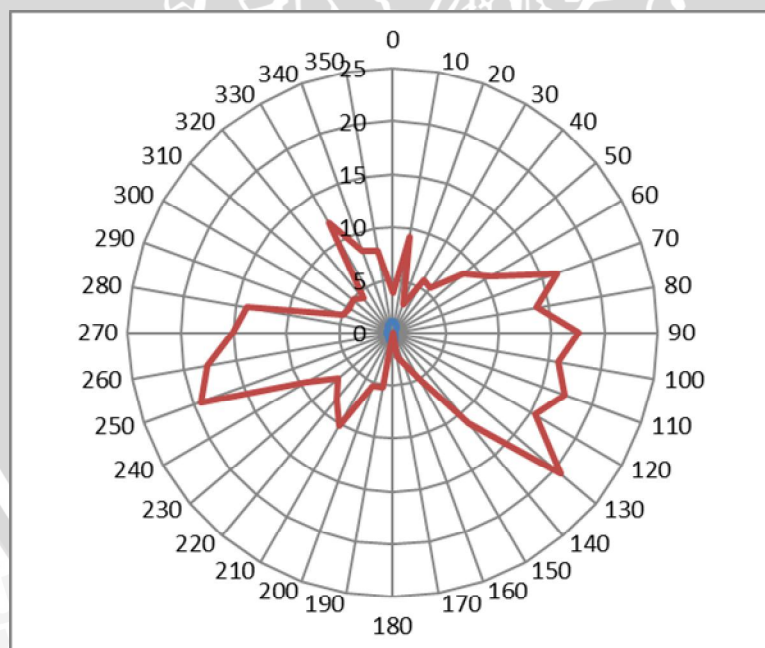
Gambar 5.9 Pola radiasi horizontal antenna mikrostrip hasil simulasi dan hasil pengujian

Sumber : Simulasi dan Pengujian



Gambar 5.10 Pola radiasi vertikal Φ_1 antena mikrostrip hasil simulasi dan hasil pengujian

Sumber : Simulasi dan Pengujian



Gambar 5.11 Pola radiasi vertikal Φ_2 antena mikrostrip hasil simulasi dan hasil pengujian

Sumber : Simulasi dan Pengujian

Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang memiliki pola radiasi *bidirectional*. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi dapat disimpulkan bahwa antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang memiliki pola radiasi *omnidirectional*.

5.7 Analisis Pemenuhan Kriteria Antena Mikrostrip Egg dengan Slot Persegi Panjang Sebagai Antena UWB

Berdasarkan *Federal Communications Commission* (FCC) pada tahun 2002, sebuah antenna harus memenuhi beberapa syarat untuk dapat bekerja pada teknologi *ultra wideband*. Tabel berikut ini menunjukkan kesesuaian antara hasil simulasi dan pengujian antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang terhadap syarat antenna *ultra wideband*.

Tabel 5.9 Tabulasi Perbandingan Syarat Antena UWB Berdasarkan FCC terhadap Hasil Antena Mikrostrip Egg dengan Slot Persegi panjang

Parameter	Syarat Antena Ultra Wideband berdasarkan FCC	Antena Mikrostrip Egg dengan Slot Persegi Panjang	
		Simulasi	Pengujian
Bandwidth ($1 \leq VSWR \leq 2$ dan $Return Loss \leq -10dB$)	Lebih dari 500 MHz	560 MHz	600 MHz
Gain	Nilai <i>gain</i> diusahakan konstan pada sepanjang frekuensi kerja	Cukup konstan pada sepanjang frekuensi kerja dengan rata-rata <i>gain</i> -0,16 dBi	Cukup konstan pada sepanjang frekuensi kerja dengan rata-rata <i>gain</i> 4,18 dBi

Tabel di atas menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang telah memenuhi standard FCC sebagai antenna yang dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband*.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

- a. Antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang memiliki dimensi panjang *patch* 100 mm, lebar *patch* 55 mm. Panjang *ground plane* 100 mm, lebar *ground plane* 110 mm. Panjang slot 85 mm dan lebar slot 100 mm.
- b. Pada tahap perancangan, antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang memiliki *bandwidth* sebesar 560 MHz. Nilai *gain* pada frekuensi kerja 2100 MHz sebesar 6,23 dBi. Pola radiasi *bidirectional* dan memiliki polarisasi *elips*.
- c. Hasil uji performansi antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang memiliki *bandwidth* sebesar 600 MHz. Nilai *gain* pada frekuensi kerja 2100 MHz sebesar 6,65 dBi. Pola radiasi *omnidirectional* dan memiliki polarisasi *elips*.
- d. Antena mikrostrip *egg* dengan slot persegi panjang telah memenuhi syarat FCC sebagai antena yang dapat bekerja pada frekuensi *ultra wideband*.

6.2 Saran

- a. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan peralatan yang memadai agar dapat diketahui performansi antena mikrostrip pada frekuensi lebih besar dari 2700 MHz.
- b. Melakukan pengujian antena mikrostrip di ruangan khusus *anechoic chamber* agar hasil pengukuran yang didapat lebih akurat.
- c. Dapat dilakukan optimasi lebih lanjut agar didapatkan performansi antena mikrostrip yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design*, 2nd Edition.

John Wiley and Sons, Inc.,

Chen, Zhi Ning. 2007. *Antennas for Portable Devices*. John Wiley and Sons,

Inc.,

James J. R and Hall P. S. 1989. *Handbook of Microstrip Antennas Vols. 1 and 2*.

Peter Peregrinus, London.

Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. New York : McGraw-Hill International.

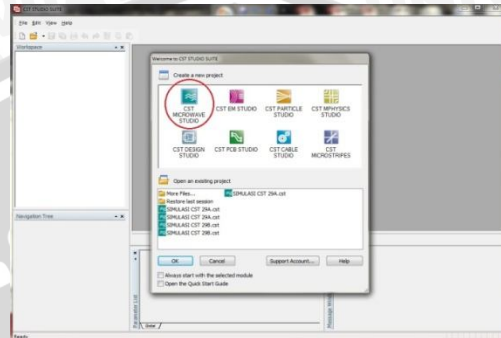
Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antena for use in Nirkabel/Cellular Devices*. Thesis, The Florida State University.

Stutzman, Warren L. and G. A. Thiele. 1981. *Antenna Theory and Design*. John Willey and Son, Inc. New York.

LAMPIRAN 1 LANGKAH-LANGKAH SIMULASI CST STUDIO SUITE

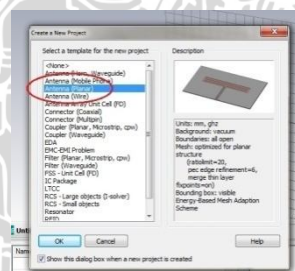
1. Membuat *project* baru

a. Buka aplikasi CST untuk memulai kemudian pilih *CST Studio Suite*



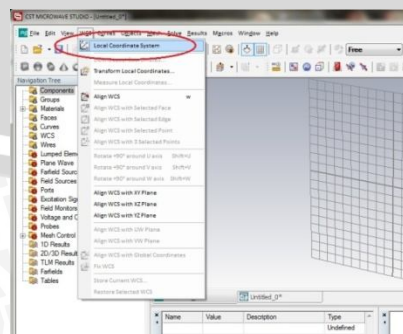
Gambar 1. Pilih *CST Microwave Studio*

b. Kemudian akan muncul jendela *Create a New Project*. Pilih *Antenna (Planar)* lalu OK



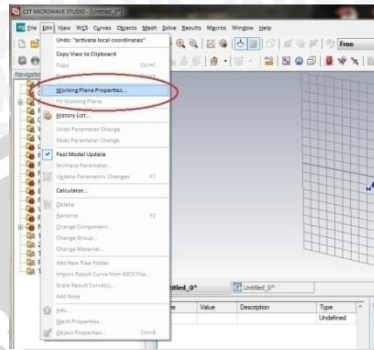
Gambar 2 *Antenna (planar)*

c. Pilih menu *WCS*, kemudian pilih *Local Coordinate System* sehingga akan muncul penanda koordinat U, V, dan W pada halaman kerja

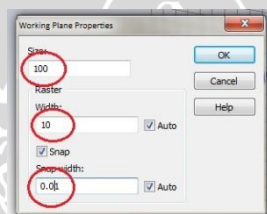


Gambar 3. *Local coordinate system*

- d. Pilih menu Edit, kemudian pilih *Working Plane Properties*. Selanjutnya akan muncul jendela *Working Plane Properties*. Ubah *Size*, *Width*, dan *Snap width* seperti pada gambar berikut



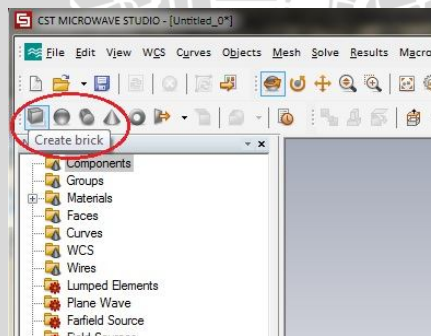
Gambar 4. Menu working plane properties



Gambar 5. Working plane properties

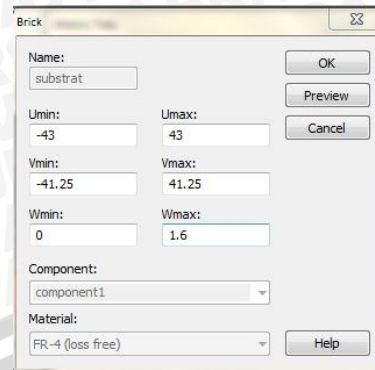
2. Perancangan substrat

- a. Pilih icon *Create brick*, kemudian tekan tombol Esc

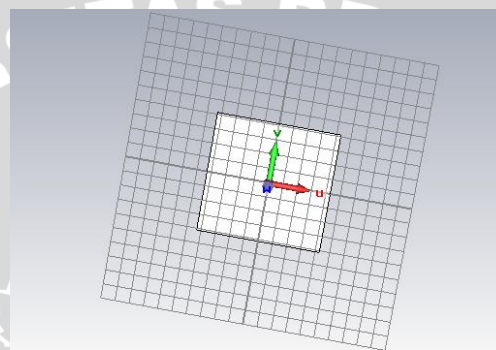


Gambar 6. Create brick

- b. Pada jendela *Create brick*, input ukuran *brick* yang akan dibuat, dan ubah nama menjadi substrat. Jenis material diatur menjadi FR-4



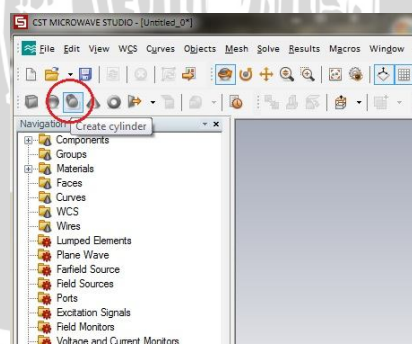
Gambar 7. Brick



Gambar 8. Substrat antenna mikrostrip

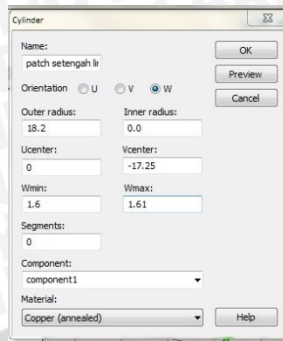
3. Perancangan *patch*

- a. *Patch* antenna mikrostrip *Egg* terdiri atas setengah lingkaran dan setengah elips tegak yang disatukan. Setengah lingkaran dibuat dengan memilih *icon Create cylinder*



Gambar 9. Cylinder

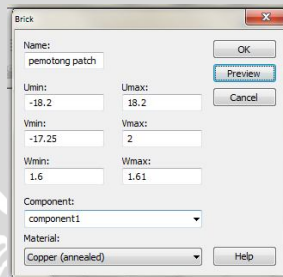
- b. Input dimensi *cylinder* seperti pada gambar berikut. Beri nama *patch* setengah lingkaran. Ubah material menjadi tembaga / *Copper*



Gambar 10. *Cylinder patch setengah lingkaran*

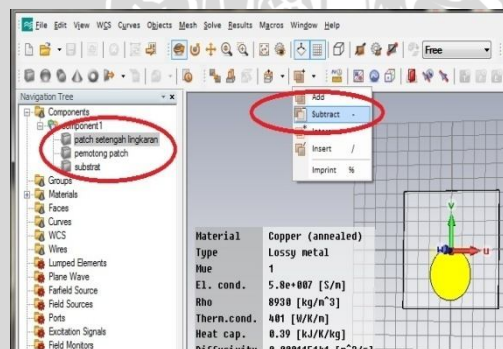
c. Pilih *icon Create Brick*

d. Input dimensi *brick* seperti pada gambar berikut. Beri nama pemotong *patch*



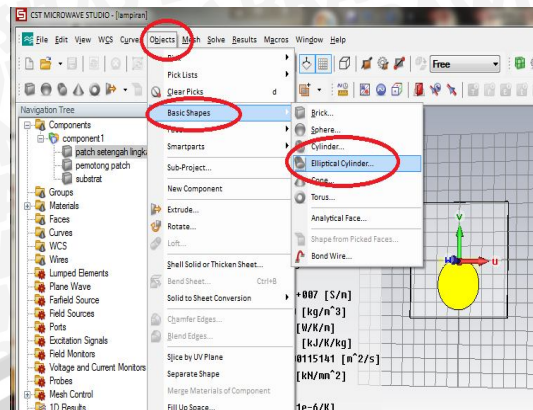
Gambar 11. *Brick*

e. Sorot bangun *patch* setengah lingkaran, kemudian pilih *icon Subtract*, Sorot bangun pemotong *patch*. Tekan Enter



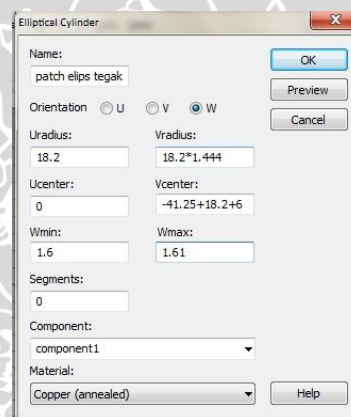
Gambar 12. *Subtract*

f. Pilih menu *Objects*, pilih *Basic Shapes*, kemudian pilih *Elliptical Cylinder*



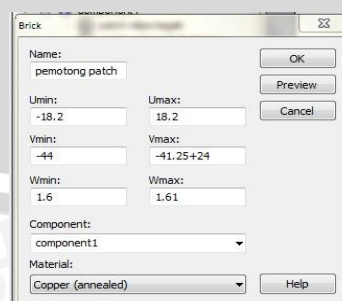
Gambar 13. *Elliptical cylinder*

- g. Tekan tombol Esc, kemudian isikan dimensi sesuai gambar berikut. Ubah nama menjadi patch elips tegak. Jenis material diubah menjadi tembaga / *copper*



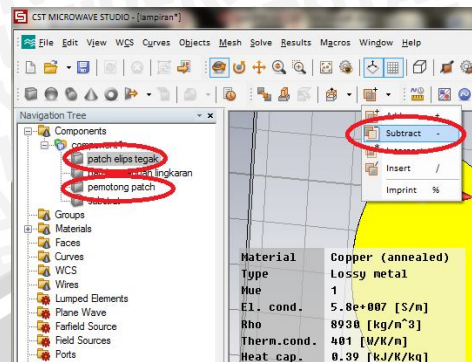
Gambar 14. Dimensi *elliptical cylinder*

- h. Pilih menu *Create Brick*, tekan tombol Esc. Isikan dimensi sesuai gambar berikut. Beri nama pemotong *patch*



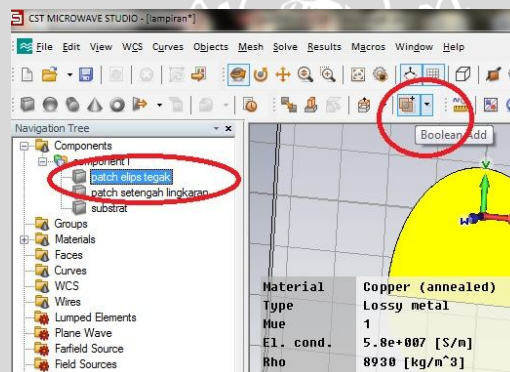
Gambar 15. Dimensi pemotong *patch*

- i. Sorot bangun *patch* elips tegak, kemudian pilih *icon Subtract*, sorot bangun pemotong *patch*. Tekan Enter



Gambar 15. *Subtract* patch elips tegak

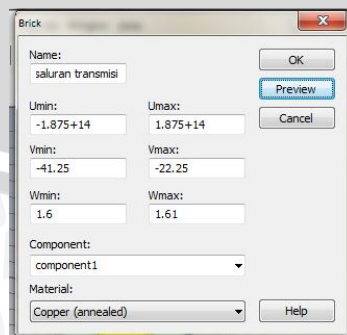
- j. Sorot bangun *patch* elips tegak, kemudian pilih *icon Boolean Add*, sorot bangun *patch* setengah lingkaran. Tekan Enter



Gambar 16. *Boolean add*

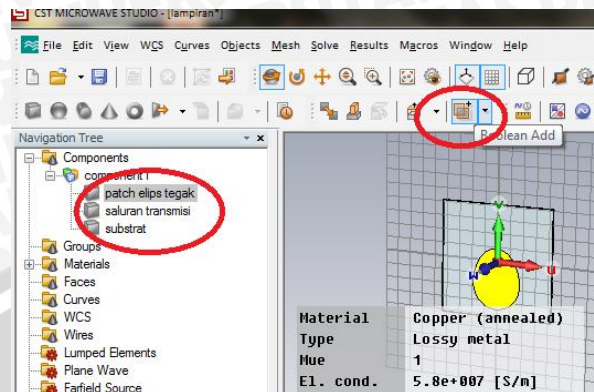
4. Perancangan saluran transmisi

- a. Pilih *icon Create Brick*, kemudian tekan tombol Esc. Input dimensi saluran transmisi seperti pada gambar berikut. Ubah nama menjadi Saluran Transmisi. Jenis material diubah menjadi tembaga / *cooper*



Gambar 17. Saluran transmisi

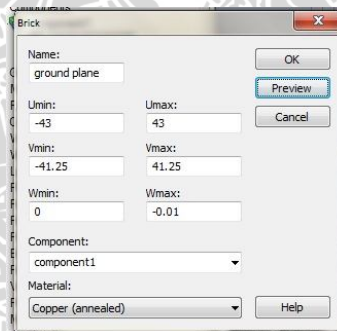
- b. Sorot bangun *patch* elips tegak, kemudian pilih *icon Boolean Add*, sorot bangun saluran transmisi. Tekan Enter



Gambar 18. Boolean add saluran transmisi

5. Perancangan *ground plane*

- a. Pilih *icon Create Brick*, kemudian tekan tombol Esc. Input dimensi *ground plane* seperti pada gambar berikut. Ubah nama menjadi *ground plane*. Jenis material diubah menjadi tembaga / *cooper*



Gambar 19. Ground plane

6. Pembuatan slot persegi panjang pada *ground plane*

- a. Pilih *icon Create Brick*, kemudian tekan tombol Esc. Input dimensi seperti pada gambar berikut. Ubah nama menjadi *Solid 2*

Brick

Name: solid2

Umin: -sx/2 Umax: sx/2

Vmin: -sy/2 Vmax: sy/2

Wmin: 0 Wmax: az

Component: component1

Material: Copper (annealed)

Buttons: OK, Preview, Cancel, Help

Gambar 20. Solid 2

- b. Pilih *icon Create Brick*, kemudian tekan tombol Esc. Input dimensi seperti pada gambar berikut. Ubah nama menjadi *Solid 3*

Brick

Name: solid3

Umin: -panjang_slot/2 Umax: panjang_slot/2

Vmin: 0 Vmax: -CUN

Wmin: 0 Wmax: az

Component: component1

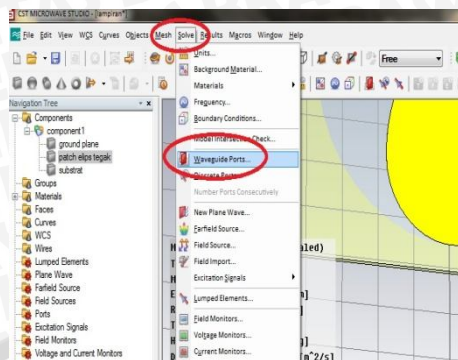
Material: Copper (annealed)

Buttons: OK, Preview, Cancel, Help

Gambar 21. Solid 3

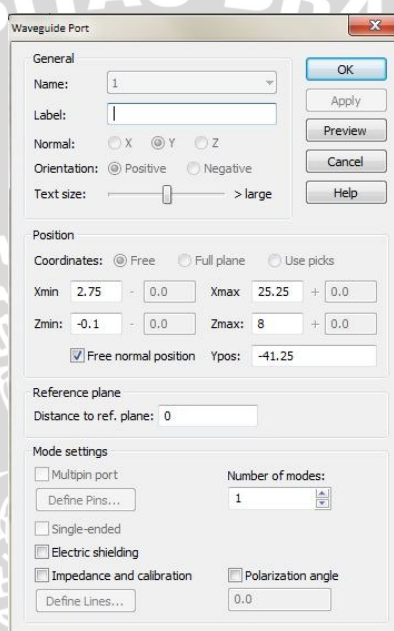
7. Perancangan port

- a. Untuk membuat *port*, pilih menu *Solve*, kemudian pilih *Waveguide Ports*



Gambar 22. Waveguide ports

b. Input ukuran *port* seperti pada gambar berikut



Gambar 23. Dimensi waveguide port

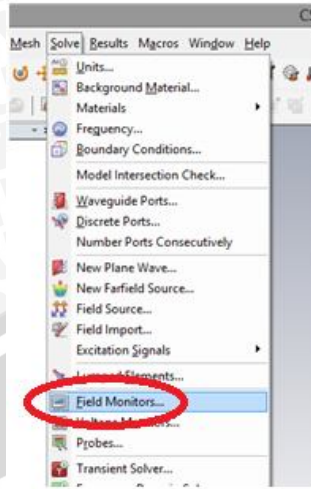
8. Menjalankan simulasi

a. Sebelum menjalankan simulasi, atur *range* frekuensi yang akan diamati terlebih dahulu. Pilih *icon* Frequency Range



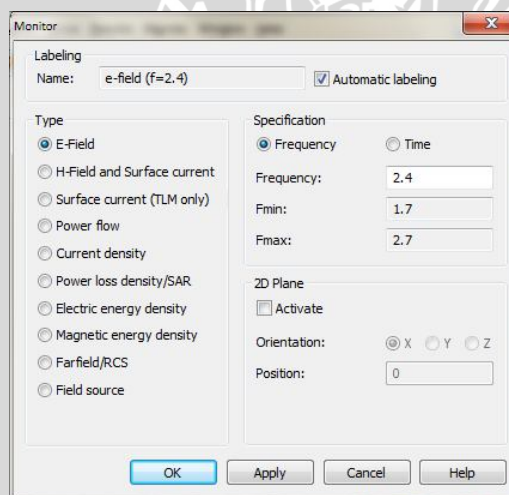
Gambar 24. Frequency range

- a. Klik *field monitor* pada menu bar *Solve*.



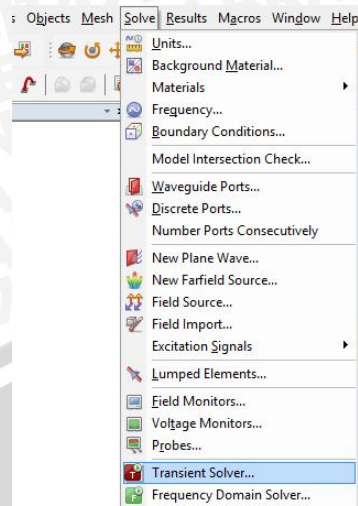
Gambar 25. *Field monitor*

- b. Pada *window monitor*, pilih *type E-field*, *H-field*, *E-energy*, *H-energy* dan *farfield* yang telah di atur pada frekuensi kerja 2.1 GHz, kemudian klik OK.



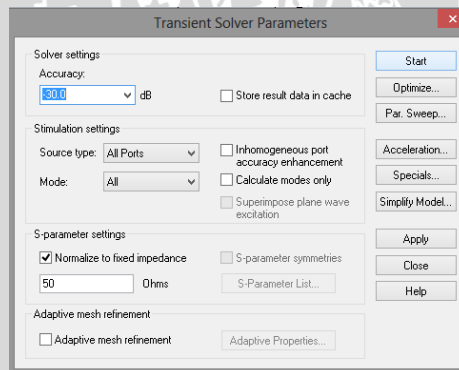
Gambar 26. *Monitor*

- c. Klik *Transient Solver* pada menu bar *Solve*.



Gambar 27. *Transient solver*

- d. Pada *Window Transient Solver Parameter*, berikan nilai 50 Ohm pada nilai impedansinya, kemudian klik *start* untuk memulai simulasi.

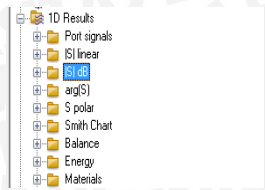


Gambar 28. *Transient solver parameters*

9. Menampilkan Hasil Simulasi

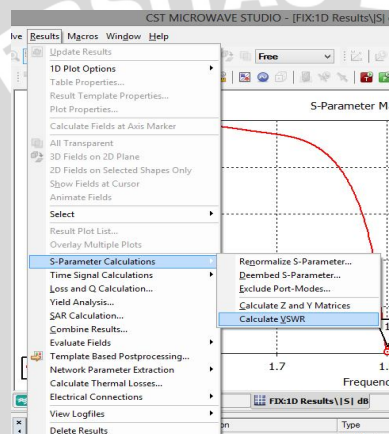
Langkah - langkah menampilkan hasil simulasi antenna perancangan adalah sebagai berikut :

- Untuk menampilkan grafik hasil dari *return loss*, dapat langsung meng-klik '*1D Result*' pada *navigation tree*, kemudian mengklik '|S| dB'. Maka grafik *return loss* langsung dapat terlihat.



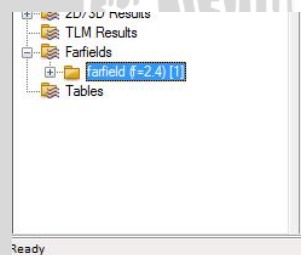
Gambar 29. Menampilkan grafik *return loss*

- b. Untuk menampilkan grafik VSWR, maka pada menu bar klik 'Results' kemudian pilih 'S-Parameter Calculations', dan klik 'Calculate VSWR'. Maka grafik VSWR langsung dapat terlihat.



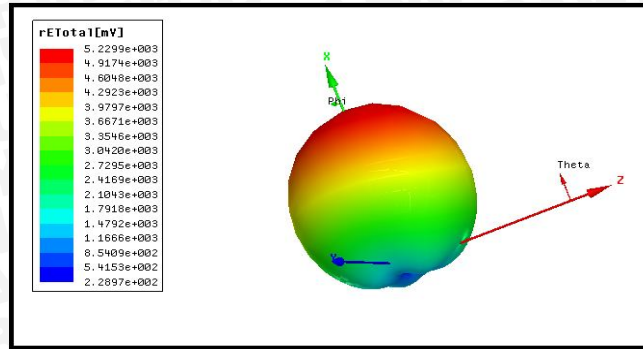
Gambar 30. Menampilkan grafik VSWR

- c. Untuk menampilkan *gain* dan pola radiasi dan polarisasi, dan antenna, dapat dilihat pada menu *farfield* yang terdapat pada *navigation tree*.



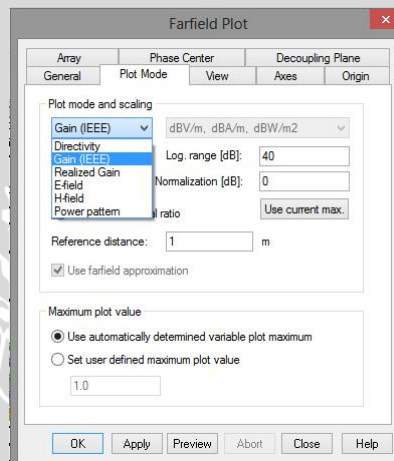
Gambar 31. Pilihan *farfield* pada *navigation tree*

Langkah - langkah untuk dapat memilih *option* grafik yang ingin ditampilkan, adalah dengan klik kanan pada *workspace*, kemudian pilih *Farfield Plot Properties*.



Gambar 32. Farfield plot properties

Kemudian pilih *plot mode*. Kemudian, pada kolom *Plot mode and scaling*, grafik dapat ditampilkan sesuai dengan yang diinginkan.

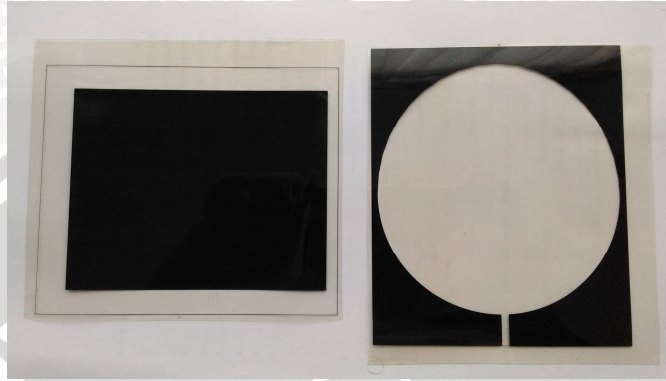


Gambar 33. Menampilkan grafik sesuai yang diinginkan *gain*, *directivity*, atau pola radiasi



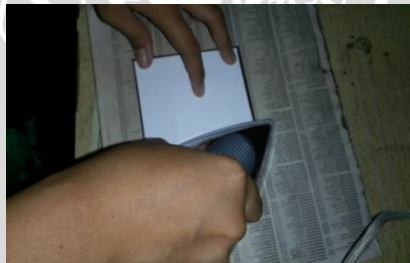
LAMPIRAN 1 DOKUMENTASI PEMBUATAN ANTENA

- a. Setelah didapatkan desain antenna yang memenuhi parameter, maka selanjutnya akan dilakukan tahapan fabrikasi. Proses fabrikasi diawali dengan membuat layout antenna pada *transfer paper*.

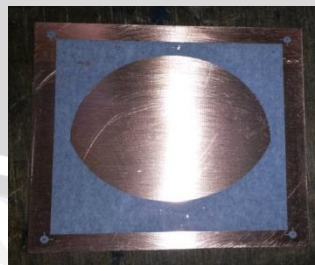


Gambar 34. *Trasfer paper*

- b. *Layout* yang telah selesai dibuat kemudian disablon menggunakan setrika ke FR4 yang telah terlebih dahulu dipotong sesuai dimensi panjang dan lebar antenna mikrostrip.



Gambar 35. Proses menempel *transfer paper* ke FR4

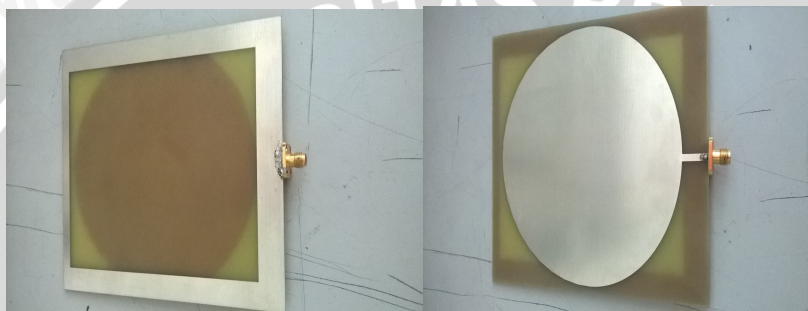


Gambar 36. FR4 yang telah diberi bentuk

- c. FR4 yang telah disablon kemudian dialiri dengan larutan FeCl_3 agar tembaga pada FR4 larut



Gambar 37. Proses melarutkan tembaga pada FR4 menggunakan *Ferric Chloride* (FeCl_3)



Gambar 38. Antena mikrostrip *egg* dengan slot *rugby ball*

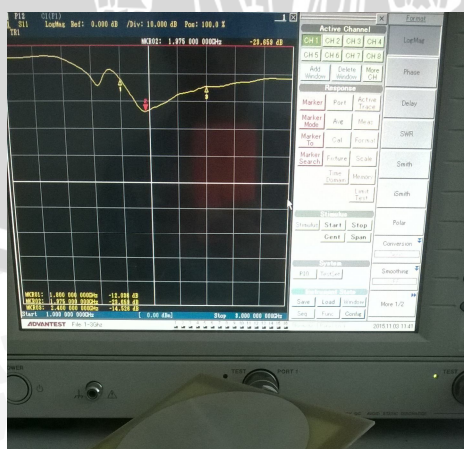
LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI PENGUKURAN ANTENA



Gambar 39. Antena fabrikasi mikrostrip egg dengan slot rugby ball



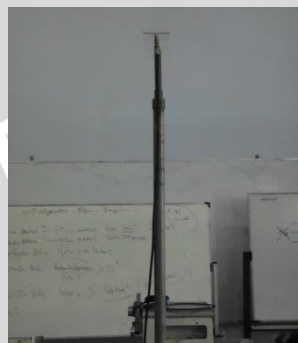
Gambar 40. Konektor SMA



Gambar 41. R3770 Network Analyzer 330KHZ - 20GHZ



Gambar 42. Directional coupler



Gambar 43. Antena Dipole $\lambda/2$ dan tiang penyangga



Gambar 44. Aeroflex IFR 3413 Signal Generator 250 KHz - 3 GHz



Gambar 45. KOPEK full automatic antenna rotator



Gambar 46. Rangkaian pengukuran antenna

