

**ANALISIS PENGARUH *FINITE GROUND PLANE* TERHADAP
PERFORMANSI ANTENA *MICROSTRIP CIRCULAR PATCH***

SKRIPSI



Disusun oleh :
INDRA DWI HARTANTO
NIM. 0710630040

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2011

**ANALISIS PENGARUH *FINITE GROUND PLANE* TERHADAP
PERFORMANSI ANTENA *MICROSTRIP CIRCULAR PATCH***

S K R I P S I

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

INDRA DWI HARTANTO

NIM: 0710630040 - 63

DOSEN PEMBIMBING :

Ir. ERFAN ACHMAD

DWI FADILA KURNIAWAN., ST.,

DAHLAN,MT.

MT.

NIP. 19530704 198203 1 003

NIP. 19720630 200003 1 002

**ANALISIS PENGARUH *FINITE GROUND PLANE* TERHADAP
PERFORMANSI ANTENA *MICROSTRIP CIRCULAR PATCH***

S K R I P S I

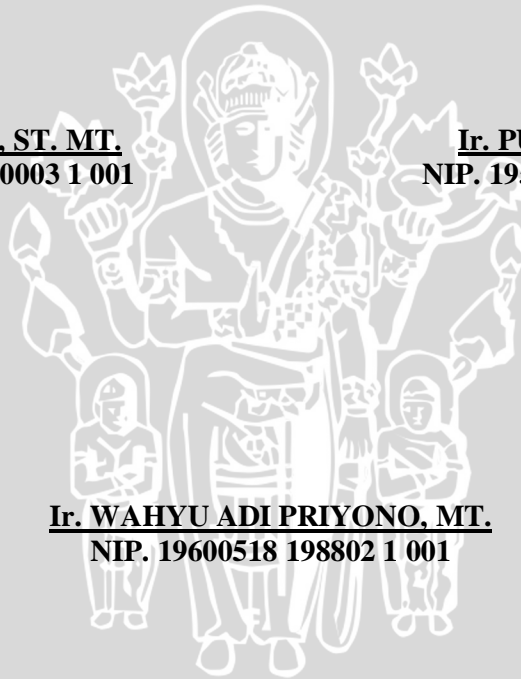
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 30 Desember 2011

DOSEN PENGUJI

ALI MUSTOFA, ST. MT.
NIP. 19710601 200003 1 001

Ir. PURWANTO, MT.
NIP. 19540424 198601 1 001



Ir. WAHYU ADI PRIYONO, MT.
NIP. 19600518 198802 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ir. SOLEH HADI PRAMONO, MS
NIP. 19580728 198701 1 001

ABSTRAKSI

INDRA DWI HARTANTO, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2012, *Analisis Pengaruh Finite Ground Plane terhadap Performansi Antena Mikrostrip Circular Patch*, Dosen Pembimbing : Ir. Erfan Achmad Dahlan, MT., dan Dwi Fadila K., ST., MT.

Antena mikrostrip dengan *patch* berbentuk lingkaran (*circular patch*) sering digunakan dalam aplikasi teknologi telekomunikasi nirkabel, seperti pada WLAN dan komunikasi satelit. Pada perencanaan dan perancangan antena mikrostrip, lapisan *ground plane* seringkali diasumsikan dengan ukuran tidak terbatas (*infinite ground plane*) tetapi dalam praktiknya lapisan tersebut mempunyai ukuran yang terbatas (*finite ground plane*). Dalam keadaan tertentu, untuk mengetahui kinerja antena mikrostrip yang sesungguhnya perlu dilakukan analisis terhadap pengaruh *ground plane* terhadap parameter-parameter yang dihasilkan. Selain itu, perancangan dan fabrikasi antena mikrostrip untuk kepentingan komersial tidak mungkin menggunakan ukuran *ground plane* yang tidak terbatas (*infinite ground plane*).

Analisis ini dilakukan dengan mengubah variabel *finite ground plane* berupa ukuran, luas dan bentuk. Dari hasil simulasi (dengan IE3D™ simulator) berbagai konfigurasi didapatkan pengaruh *finite ground plane* terhadap parameter *bandwidth*, *gain*, *axial ratio*, polarisasi dan pola radiasi antena mikrostrip *circular patch*. Perubahan variabel ukuran, luas dan bentuk *finite ground plane* memberikan pengaruh terhadap performansi antena mikrostrip *circular patch*, ditunjukkan dengan perubahan parameter antena dengan karakteristik tertentu. Dari hasil pengujian diperoleh nilai VSWR antena pada frekuensi 2400 MHZ adalah 1.23464 dan nilai *return loss* sebesar -19.5 dB. Sedangkan *bandwidth* antena tersebut adalah > 500 HMz dan *gain* sebesar 3.35 dBi. Bentuk pola radiasi antena ini adalah *unidirectional* dengan $\phi_{HP}^{\circ} = 32.5^{\circ}$ dan $\theta_{HP}^{\circ} = 65.5^{\circ}$, dengan nilai *directivity* sebesar 13.183 dB dan memiliki polarisasi linier.

Kata kunci: Antena mikrostrip, *circular patch*, lingkaran, *finite ground plane*, 2400 MHZ

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR TABEL	xxviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
ABSTRAKSI	xxii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Ruang Lingkup.....	3
1.4. Tujuan.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Dasar Antena.....	6
2.2. Parameter – Parameter Antena	6
2.2.1. Impedansi Terminal Antena.....	6
2.2.2. Polarisasi	9
2.2.2.1. Polarisasi Linier	9
2.2.2.2. Polarisasi Lingkaran.....	11
2.2.2.3 Polarisasi Ellips.....	11
2.2.2.4 Pembentukan <i>Axial Ratio</i>	12
2.2.3 Daerah Medan Radiasi.....	12
2.2.4 Pola radiasi.....	14
2.2.5 <i>Lobe</i> Pola Radiasi dan <i>Beamwidth</i>	16
2.2.6 Keterarahan (Directivity).....	17
2.2.7 <i>Gain</i>	18
2.2.8 <i>VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)</i>	20
2.2.9 <i>Return Loss (RL)</i>	20

2.2.10	Lebar Pita (<i>Bandwidth</i>).....	21
2.3	Bentuk Antena Mikrostrip.....	22
2.4	Teknik <i>Feeding</i> pada Antena Mikrostrip.....	24
2.4.1	<i>Microstrip Line Feed</i>	24
2.4.2	<i>Coaxial Feed</i>	25
2.4.3	<i>Aperture Coupling</i>	26
2.4.4	<i>Proximity Coupling</i>	26
2.5	Teknik <i>Array</i> pada Antena Mikrostrip.....	27
2.6	Rugi – rugi Pada Antena Mikrostrip.....	28
2.6.1	Rugi – rugi Dielektrik.....	28
2.6.2	Rugi – rugi Konduksi.....	28
2.6.3	Rugi – rugi Radiasi.....	29
2.7	Karakteristik dan Metode Analisis Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	30
2.7.1	Metode Analisis Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	30
2.8	Konsep Dasar <i>Ground Plane</i>	31
2.8.1	<i>Infinite Ground Plane</i> dan <i>Finite Ground Plane</i>	31
2.8.2	Pengaruh <i>Finite Ground Plane</i> terhadap Kinerja Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	31
2.9	Perancangan Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> untuk Frekuensi Kerja 2,4 GHz.....	31
2.9.1	Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor.....	39
2.9.2	Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi.....	40
2.9.3	Elemen Peradiasi Antena Mikrostrip Lingkaran.....	40
2.9.4	Penentuan Impedansi Masukan Elemen Peradiasi (<i>Patch</i>) Lingkaran..	41
2.9.5	Impedansi <i>Matching</i>	42
2.9.6	Dimensi Saluran Transmisi.....	42
2.9.7	Jarak Antar Elemen.....	43
2.9.8	Perencanaan <i>Bandwidth</i> Mikrostrip.....	44
2.9.9	Simulator Antena IE3D™.....	44

BAB III. METODOLOGI

3.1.	Studi Literatur	46
------	-----------------------	----

3.2. Pengumpulan Data	46
3.3. Perancangan, Simulasi dengan Menggunakan Program IE3D TM dan Pembuatan Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan <i>Finite Ground Plane</i>	47
3.4. Pengujian	51
3.4.1. Pengukuran <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul dan VSWR.....	51
3.4.2. Pengukuran <i>Gain</i>	52
3.4.3. Pengukuran Polarisasi	52
3.4.4 Pengukuran Pola Radiasi	53
3.5. Analisis Pengaruh <i>Finite Ground Plane</i> terhadap Performansi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	53
3.6. Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	56

BAB IV. PERENCANAAN, SIMULASI DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP CIRCULAR PATCH

4.1 Tinjauan Umum	57
4.2 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor.....	57
4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi	58
4.4 Perencanaan Impedansi Masukan Elemen Peradiasi dan Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi.....	59
4.5 Penghitungan Rugi – rugi Antena Mikrostrip.....	61
4.5.1 Perhitungan Rugi – rugi Dielektrik	61
4.5.2 Perhitungan Rugi – rugi Konduktor.....	62
4.5.3 Perhitungan Rugi – rugi Radiasi.....	62
4.5.4 Perencanaan <i>Bandwidth</i>	63
4.6 Dimensi dan Variabel <i>Finite Ground Plane</i> pada Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	63
4.7 Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan <i>Infinite</i> dan <i>Finite Ground Plane</i>	68
4.8 Pembuatan Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	75
4.8.1 Alat – alat dan Bahan Yang Digunakan.....	75
4.8.2 Pencetakan Pola Antena Mikrostrip Pada Substrat.....	75

4.8.3 Etching..... 76

4.8.4 Penyolderan..... 76

BAB V. ANALISIS HASIL SIMULASI DAN PENGUJIAN

5.1. Pendahuluan..... 78

5.2 Analisis Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Program Simulator IE3D 78

5.2.1 Analisis Hasil Simulasi Pengaruh Ukuran *Finite Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*..... 155

5.2.2 Analisis Hasil Simulasi Pengaruh Luas *Finite Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*..... 165

5.2.3 Analisis Hasil Simulasi Pengaruh Bentuk *Finite Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*..... 167

5.3 Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul dan Perhitungan *VSWR*..... 171

5.3.1 Alat-alat yang digunakan 171

5.3.2 Prosedur Pengukuran 171

5.3.3 Hasil Pengukuran..... 172

5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran 174

5.4 Pengukuran *Gain* Antena..... 174

5.4.1 Alat-alat yang digunakan 174

5.4.2 Prosedur Pengukuran 174

5.4.3 Hasil Pengukuran..... 175

5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran 176

5.5 Pengujian Polarisasi..... 176

5.5.1 Alat-alat yang digunakan 176

5.5.2 Prosedur Pengukuran 176

5.5.3 Hasil Pengukuran..... 177

5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran 178

5.6 Pengukuran Polarisasi..... 179

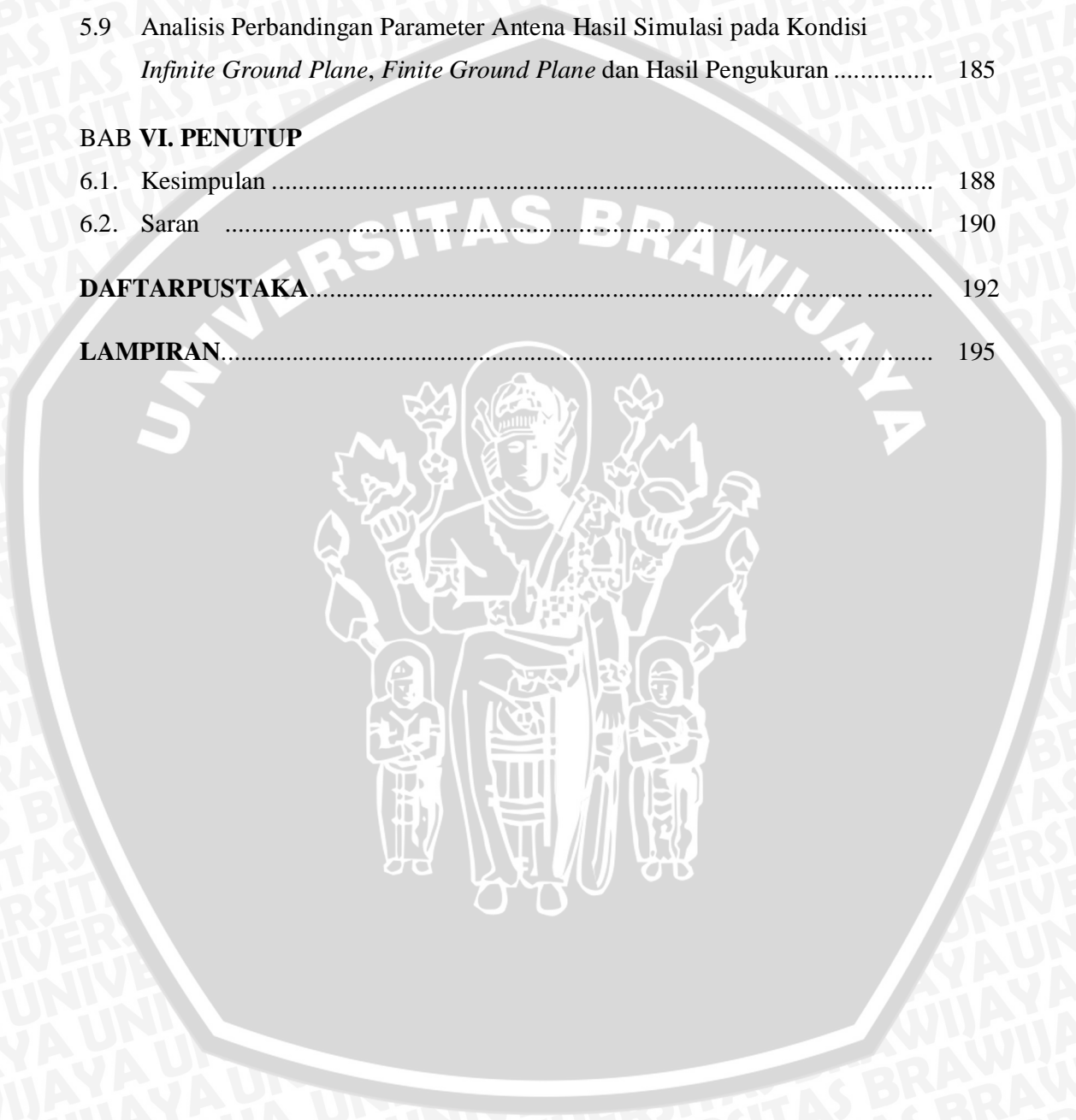
5.6.1 Alat-alat yang digunakan 179

5.6.2 Prosedur Pengukuran 179

5.6.3 Hasil Pengukuran..... 180

5.6.4 Analisis Hasil Pengukuran 182

5.7	Perhitungan <i>Directivity</i>	183
5.7.1	Cara Perhitungan.....	183
5.7.2	Hasil Perhitungan.....	184
5.8	Perhitungan <i>Bandwidth</i>	184
5.9	Analisis Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi pada Kondisi <i>Infinite Ground Plane, Finite Ground Plane</i> dan Hasil Pengukuran	185
BAB VI. PENUTUP		
6.1.	Kesimpulan	188
6.2.	Saran	190
DAFTAR PUSTAKA		192
LAMPIRAN		195



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Rangkaian ekuivalen antena pemancar	8
Gambar 2.2.a	Polarisasi Linier Vertikal	10
Gambar 2.2.b	Polarisasi Linear Horisontal	10
Gambar 2.2.c	Polarisasi <i>Circular</i> dengan Kaidah Tangan Kanan	10
Gambar 2.2.d	Polarisasi <i>Circular</i> dengan Kaidah Tangan Kiri	10
Gambar 2.2.e	Polarisasi Elips Berlawanan Arah Jarum Jam	10
Gambar 2.2.f	Polarisasi Elips Searah Jarum Jam	10
Gambar 2.3	Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena	13
Gambar 2.4.a	Pola Radiasi Antena	15
Gambar 2.4.b	Pola Radiasi Antena dalam Koordinat <i>Square</i>	15
Gambar 2.5	Terminal referensi dan rugi-rugi antena	18
Gambar 2.6	Struktur Antena Mikrostrip	22
Gambar 2.7	Macam-macam bentuk elemen mikrostrip	23
Gambar 2.8	<i>Microstrip Line Feed</i>	25
Gambar 2.9	Metode <i>Coaxial feed</i>	25
Gambar 2.10	<i>Aperture Coupling Feed</i>	26
Gambar 2.11	<i>Proximity Coupling Feed</i>	27
Gambar 2.12	Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	30
Gambar 2.13.a	Antena Mikrostrip dengan <i>Finite Ground Plane</i>	31
Gambar 2.13.b	Antena Mikrostrip dengan <i>Infinite Ground Plane</i>	31
Gambar 2.14.a	Koordinat <i>Finite Ground Plane</i>	32
Gambar 2.14.b	Medan Listrik <i>E-Plane</i> pada Antena Mikrostrip dengan <i>Finite Ground Plane</i>	32
Gambar 2.15	Konfigurasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan <i>Finite Ground Plane</i>	36
Gambar 2.16	Antena Mikrostrip Lingkaran	41
Gambar 2.17	Penggunaan transformer untuk <i>matching</i> saluran transmisi	42
Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi	45

Gambar 3.2.a	Diagram Alir Perhitungan Dimensi Antena <i>Microstrip</i>	48
Gambar 3.2.b	Diagram Alir Perhitungan Dimensi Antena <i>Microstrip</i>	49
Gambar 3.3	Diagram Alir Simulasi Pengaruh <i>Finite Ground Plane</i> terhadap Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	50
Gambar 3.4	Diagram alir pembuatan antena	51
Gambar 3.5	Diagram Alir Perhitungan <i>Bandwidth</i> Antena <i>Microstrip</i>	54
Gambar 3.6	Diagram Alir Perhitungan <i>Gain</i> Antena <i>Microstrip</i>	55
Gambar 3.7	Diagram Alir Perhitungan Polarisasi Antena <i>Microstrip</i>	55
Gambar 3.8	Diagram Alir Perhitungan Pola Radiasi <i>Microstrip</i>	56
Gambar 4.1	Dimensi Elemen Peradiasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	61
Gambar 4.2	Variabel 1	64
Gambar 4.3	Konfigurasi 1	64
Gambar 4.4	Konfigurasi 2	64
Gambar 4.5	Konfigurasi 3	64
Gambar 4.6	Konfigurasi 4	64
Gambar 4.7	Konfigurasi 1	64
Gambar 4.8	Konfigurasi 5	64
Gambar 4.9	Konfigurasi 6	64
Gambar 4.10	Konfigurasi 7	64
Gambar 4.11	Variabel 1	65
Gambar 4.12	Konfigurasi 1	65
Gambar 4.13	Konfigurasi 8	65
Gambar 4.14	Konfigurasi 9	65
Gambar 4.15	Konfigurasi 10	65
Gambar 4.16	Konfigurasi 1	65
Gambar 4.17	Konfigurasi 11	65
Gambar 4.18	Konfigurasi 12	65
Gambar 4.19	Konfigurasi 13	65
Gambar 4.20	Variabel 2	66
Gambar 4.21	Konfigurasi 1	66



Gambar 4.22	Konfigurasi 14	66
Gambar 4.23	Konfigurasi 15	66
Gambar 4.24	Konfigurasi 16	66
Gambar 4.25	Variabel 3	67
Gambar 4.26	Konfigurasi 1	67
Gambar 4.27	Konfigurasi 14	67
Gambar 4.28	Konfigurasi 15	67
Gambar 4.29	Konfigurasi 16	67
Gambar 4.30	Konfigurasi 17	67
Gambar 4.31	Konfigurasi 18	67
Gambar 4.32	Konfigurasi 19	67
Gambar 4.33	Konfigurasi 20	67
Gambar 4.34	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi <i>Infinite Ground Plane</i>	70
Gambar 4.35	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi <i>Infinite</i>	73
Gambar 4.36	<i>Smith Chart</i>	74
Gambar 4.37	Distribusi Arus	74
Gambar 4.38	Antena Hasil Fabrikasi Tampak Depan	77
Gambar 4.39	Antena Hasil Fabrikasi Tampak Belakang	77
Gambar 5.1	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 1	79
Gambar 5.2	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 1	82
Gambar 5.3	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 2	83
Gambar 5.4	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 2	86
Gambar 5.5	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 3	87
Gambar 5.6	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 3	90
Gambar 5.7	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 4	91
Gambar 5.8	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 4	94
Gambar 5.9	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan	

	Konfigurasi 5	95
Gambar 5.10	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 5	98
Gambar 5.11	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 6	99
Gambar 5.12	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 6	102
Gambar 5.13	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 7	103
Gambar 5.14	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 7	106
Gambar 5.15	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 8	107
Gambar 5.16	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 8	108
Gambar 5.17	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 9	111
Gambar 5.18	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 9	114
Gambar 5.19	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 10	115
Gambar 5.20	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 10	118
Gambar 5.21	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 11	119
Gambar 5.22	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 11	122
Gambar 5.23	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 12	123
Gambar 5.24	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 12	126
Gambar 5.25	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 13	127
Gambar 5.26	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 13	130
Gambar 5.27	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 14	131
Gambar 5.28	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 14	134
Gambar 5.29	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 15	135
Gambar 5.30	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 15	138



Gambar 5.31	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 16	139
Gambar 5.32	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 16	142
Gambar 5.33	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 17	143
Gambar 5.34	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 17	146
Gambar 5.35	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 18	147
Gambar 5.36	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 18	150
Gambar 5.37	Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 20	151
Gambar 5.38	Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 20	154
Gambar 5.39	Rangkaian pengukuran <i>Return Loss</i>	171
Gambar 5.40	Rangkaian pengukuran <i>gain</i> antena	174
Gambar 5.41	Rangkaian pengukuran polarisasi antena	177
Gambar 5.42	Rangkaian pengukuran pola radiasi antena	180



DAFTAR GRAFIK

No	Judul	Halaman
Grafik 4.1	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i>	70
Grafik 4.2	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i>	71
Grafik 4.3	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i>	72
Grafik 4.4	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi <i>Infinite</i>	73
Grafik 5.1	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 1	79
Grafik 5.2	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 1	80
Grafik 5.3	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 1	81
Grafik 5.4	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 1	82
Grafik 5.5	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 2	83
Grafik 5.6	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 2	84
Grafik 5.7	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 2	85
Grafik 5.8	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 2	86
Grafik 5.9	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 3	87
Grafik 5.10	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 3	88
Grafik 5.11	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 3	89
Grafik 5.12	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 3	90
Grafik 5.13	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 4	91
Grafik 5.14	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 4	92
Grafik 5.15	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 4	93
Grafik 5.16	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 4	94
Grafik 5.17	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 5	95
Grafik 5.18	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 5	96
Grafik 5.19	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 5	97
Grafik 5.20	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D)	

	Konfigurasi 5	98
Grafik 5.21	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 6	99
Grafik 5.22	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 6	100
Grafik 5.23	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 6	101
Grafik 5.24	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D)	
	Konfigurasi 6	102
Grafik 5.25	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 7	103
Grafik 5.26	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 7	104
Grafik 5.27	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 7	105
Grafik 5.28	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D)	
	Konfigurasi 7	106
Grafik 5.29	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 8	107
Grafik 5.30	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 8	108
Grafik 5.31	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 8	109
Grafik 5.32	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D)	
	Konfigurasi 8	110
Grafik 5.33	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 9	111
Grafik 5.34	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 9	112
Grafik 5.35	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 9	113
Grafik 5.36	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D)	
	Konfigurasi 9	114
Grafik 5.37	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 10	115
Grafik 5.38	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 10	116
Grafik 5.39	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 10	117
Grafik 5.40	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D)	
	Konfigurasi 10	118
Grafik 5.41	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 11	119
Grafik 5.42	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 11	120
Grafik 5.43	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 11	121
Grafik 5.44	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D)	
	Konfigurasi 11	122
Grafik 5.45	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 12	123

Grafik 5.46	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 12	124
Grafik 5.47	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 12	125
Grafik 5.48	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 12	126
Grafik 5.49	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 13	127
Grafik 5.50	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 13	128
Grafik 5.51	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 13	129
Grafik 5.52	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 13	130
Grafik 5.53	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 14	131
Grafik 5.54	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 14	132
Grafik 5.55	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 14	133
Grafik 5.56	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 14	134
Grafik 5.57	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 15	135
Grafik 5.58	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 15	136
Grafik 5.59	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 15	137
Grafik 5.60	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 15	138
Grafik 5.61	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 16	139
Grafik 5.62	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 16	140
Grafik 5.63	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 16	141
Grafik 5.64	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 16	142
Grafik 5.65	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 17	143
Grafik 5.66	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 17	144
Grafik 5.67	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 17	145
Grafik 5.68	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 17	146
Grafik 5.69	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 18	147
Grafik 5.70	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 18	148
Grafik 5.71	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 18	149

Grafik 5.72	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 18	150
Grafik 5.73	<i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 20	151
Grafik 5.74	<i>Gain</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 20	152
Grafik 5.75	<i>Axial Ratio</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 20	153
Grafik 5.76	<i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 20	154
Grafik 5.77	Hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Pertambahan Lebar <i>Finite Ground Plane</i> ke arah bawah	155
Grafik 5.78	Hubungan <i>Gain</i> dengan Pertambahan Lebar <i>Finite Ground Plane</i> ke arah bawah	156
Grafik 5.79	Hubungan <i>Axial Ratio</i> dengan Pertambahan Lebar <i>Finite Ground Plane</i> ke arah bawah	156
Grafik 5.80	Hubungan <i>Front to Back Ratio</i> dengan Pertambahan Lebar <i>Finite Ground Plane</i> ke arah bawah	157
Grafik 5.81	Hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Pertambahan Lebar <i>Finite Ground Plane</i> ke arah atas	158
Grafik 5.82	Hubungan <i>Gain</i> dengan Pertambahan Lebar <i>Finite Ground Plane</i> ke arah atas	158
Grafik 5.83	Hubungan <i>Axial Ratio</i> dengan Pertambahan Lebar <i>Finite Ground Plane</i> ke arah atas	159
Grafik 5.84	Hubungan <i>Front to Back Ratio</i> dengan Pertambahan Lebar <i>Finite Ground Plane</i> ke arah atas	159
Grafik 5.85	Hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Pertambahan Panjang <i>Finite Ground Plane</i> ke arah kanan	160
Grafik 5.86	Hubungan <i>Gain</i> dengan Pertambahan Panjang <i>Finite Ground Plane</i> ke arah kanan	161
Grafik 5.87	Hubungan <i>Axial Ratio</i> dengan Pertambahan Panjang <i>Finite Ground Plane</i> ke arah kanan	161
Grafik 5.88	Hubungan <i>Front to Back Ratio</i> dengan Pertambahan Panjang <i>Finite Ground Plane</i> ke arah kanan	162
Grafik 5.89	Hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Pertambahan Panjang	

	<i>Finite Ground Plane</i> ke arah kiri	163
Grafik 5.90	Hubungan <i>Gain</i> dengan Pertambahan Panjang <i>Finite Ground Plane</i> ke arah kiri	163
Grafik 5.91	Hubungan <i>Axial Ratio</i> dengan Pertambahan Panjang <i>Finite Ground Plane</i> ke arah kiri	164
Grafik 5.92	Hubungan <i>Front to Back Ratio</i> dengan Pertambahan Panjang <i>Finite Ground Plane</i> ke arah kiri	164
Grafik 5.93	Hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Pertambahan Luas <i>Finite Ground Plane</i>	165
Grafik 5.94	Hubungan <i>Gain</i> dengan Pertambahan Luas <i>Finite Ground Plane</i>	166
Grafik 5.95	Hubungan <i>Axial Ratio</i> dengan Pertambahan Luas <i>Finite Ground Plane</i>	166
Grafik 5.96	Hubungan <i>Front to Back Ratio</i> dengan Pertambahan Luas <i>Finite Ground Plane</i>	167
Grafik 5.97	Hubungan <i>Bandwidth</i> dengan Perubahan Bentuk <i>Finite Ground Plane</i>	168
Grafik 5.98	Hubungan <i>Gain</i> dengan Perubahan Bentuk <i>Finite Ground Plane</i>	169
Grafik 5.99	Hubungan <i>Axial Ratio</i> dengan Perubahan Bentuk <i>Finite Ground Plane</i>	169
Grafik 5.100	Hubungan <i>Front to Back Ratio</i> dengan Perubahan Bentuk <i>Finite Ground Plane</i>	170
Grafik 5.101	Perbandingan Nilai <i>Bandwidth</i> pada Hasil Simulasi (kondisi <i>infinite ground plane</i> dan <i>finite ground plane</i>) dan Hasil Pengukuran	185
Grafik 5.102	Perbandingan Nilai <i>Gain</i> pada Hasil Simulasi (kondisi <i>infinite ground plane</i> dan <i>finite ground plane</i>) dan Hasil Pengukuran	186
Grafik 5.103	Perbandingan Nilai <i>Axial Ratio</i> pada Hasil Simulasi (kondisi <i>infinite ground plane</i> dan <i>finite ground plane</i>) dan Hasil Pengukuran	186

Grafik 5.104 Perbandingan Nilai *Front to Back Ratio* pada Hasil 187
Simulasi (kondisi *infinite ground plane* dan *finite ground plane*) dan Hasil Pengukuran



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Tabulasi Dimensi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi Finite Ground Plane	64
Tabel 4.2	<i>Riwayat Simulasi Antena Mikrostrip dengan Program Simulator IE3D</i>	69
Tabel 4.3	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi <i>Infinite Ground Plane</i>	70
Tabel 5.1	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 1	79
Tabel 5.2	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 2	83
Tabel 5.3	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 3	87
Tabel 5.4	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 4	91
Tabel 5.5	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 5	95
Tabel 5.6	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 6	99
Tabel 5.7	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 7	103
Tabel 5.8	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 8	107
Tabel 5.9	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 9	111
Tabel 5.10	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 10	115
Tabel 5.11	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 11	119
Tabel 5.12	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	

	<i>Patch</i> dengan Konfigurasi 12	123
Tabel 5.13	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 13	127
Tabel 5.14	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 14	131
Tabel 5.15	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 15	135
Tabel 5.16	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 16	139
Tabel 5.17	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 17	143
Tabel 5.18	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 18	147
Tabel 5.19	Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 20	151
Tabel 5.20	Pengaruh Ukuran <i>Ground Plane</i> terhadap Kinerja Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	155
Tabel 5.21	Pengaruh Ukuran <i>Ground Plane</i> terhadap Kinerja Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	157
Tabel 5.22	Pengaruh Ukuran <i>Ground Plane</i> terhadap Kinerja Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	160
Tabel 5.23	Pengaruh Ukuran <i>Ground Plane</i> terhadap Kinerja Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	162
Tabel 5.24	Pengaruh Luas <i>Ground Plane</i> terhadap Kinerja Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	165
Tabel 5.25	Pengaruh Bentuk <i>Ground Plane</i> terhadap Kinerja Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i>	167
Tabel 5.26	Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul dan Perhitungan <i>VSWR</i> Antena	173
Tabel 5.27	Hasil pengukuran <i>Gain</i>	175
Tabel 5.28	Hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi 2400 MHz	177
Tabel 5.29	Hasil pengukuran Pola Radiasi pada frekuensi 2400	

MHz.

181

Tabel 5.30 Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi pada Kondisi *Infinite Ground Plane*, *Finite Ground Plane* dan Hasil Pengukuran

185



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Langkah-Langkah Simulasi.....195
Lampiran 2. Dokumentasi Pengukuran..... 203



ABSTRAKSI

INDRA DWI HARTANTO, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2012, *Analisis Pengaruh Finite Ground Plane terhadap Performansi Antena Mikrostrip Circular Patch*, Dosen Pembimbing : Ir. Erfan Achmad Dahlan, MT., dan Dwi Fadila K., ST., MT.

Antena mikrostrip dengan *patch* berbentuk lingkaran (*circular patch*) sering digunakan dalam aplikasi teknologi telekomunikasi nirkabel, seperti pada WLAN dan komunikasi satelit. Pada perencanaan dan perancangan antena mikrostrip, lapisan *ground plane* seringkali diasumsikan dengan ukuran tidak terbatas (*infinite ground plane*) tetapi dalam praktiknya lapisan tersebut mempunyai ukuran yang terbatas (*finite ground plane*). Dalam keadaan tertentu, untuk mengetahui kinerja antena mikrostrip yang sesungguhnya perlu dilakukan analisis terhadap pengaruh *ground plane* terhadap parameter-parameter yang dihasilkan. Selain itu, perancangan dan fabrikasi antena mikrostrip untuk kepentingan komersial tidak mungkin menggunakan ukuran *ground plane* yang tidak terbatas (*infinite ground plane*).

Analisis ini dilakukan dengan mengubah variabel *finite ground plane* berupa ukuran, luas dan bentuk. Dari hasil simulasi (dengan IE3D™ simulator) berbagai konfigurasi didapatkan pengaruh *finite ground plane* terhadap parameter *bandwidth*, *gain*, *axial ratio*, polarisasi dan pola radiasi antena mikrostrip *circular patch*. Perubahan variabel ukuran, luas dan bentuk *finite ground plane* memberikan pengaruh terhadap performansi antena mikrostrip *circular patch*, ditunjukkan dengan perubahan parameter antena dengan karakteristik tertentu. Dari hasil pengujian diperoleh nilai VSWR antena pada frekuensi 2400 MHz adalah 1.23464 dan nilai *return loss* sebesar -19.5 dB. Sedangkan *bandwidth* antena tersebut adalah > 500 Hz dan *gain* sebesar 3.35 dBi. Bentuk pola radiasi antena ini adalah *unidirectional* dengan $\phi_{HP}^{\circ} = 32.5^{\circ}$ dan $\theta_{HP}^{\circ} = 65.5^{\circ}$, dengan nilai *directivity* sebesar 13.183 dB dan memiliki polarisasi linier.

Kata kunci : Antena mikrostrip, *circular patch*, *finite ground plane*, 2400 MHz

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama beberapa dekade ini, teknologi telekomunikasi 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 (*transducer*). 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 di balik penghalang itu, meskipun daya yang ditransmisikan sangat kuat. Oleh karena itu, dibutuhkan kehandalan teknologi yang dipakai untuk menunjang keberhasilan proses transmisi.

Teknologi antena *patch* (mikrostrip) menjadi salah satu alternatif utama karena sudah terbukti sangat handal dalam penggunaannya pada frekuensi orde gigahertz. 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 selular/nirkabel maupun komunikasi satelit (Fajar, 2009: 2).

Dalam penyusunan skripsi ini, akan dilakukan analisis terhadap pengaruh *finite ground plane* pada antena mikrostrip *circular patch* dengan frekuensi kerja 2,4 GHz. Bentuk antena mikrostrip *circular patch* dipilih karena bentuk ini sering

diaplikasikan dalam peralatan telekomunikasi nirkabel. Sedangkan frekuensi kerja 2,4 GHz dipilih berdasarkan standar *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) ada 5 protokol teknologi nirkabel untuk kelompok 802.11 yaitu 802.11a, 802.11b, 802.11e, 802.11f, dan 802.11g (<http://www.wlana.org>). Dari kelima standar protokol yang ada, protokol yang paling banyak digunakan adalah 802.11a, 802.11b, dan 802.11g dengan frekuensi 2,4 GHz (Haider, 2003).

Pada perencanaan dan perancangan antenna mikrostrip, lapisan *ground plane* seringkali diasumsikan dengan ukuran tidak terbatas (*infinite ground plane*) tetapi dalam praktiknya lapisan tersebut mempunyai ukuran yang terbatas (*finite ground plane*). Dalam keadaan tertentu, untuk mengetahui kinerja antenna mikrostrip yang sesungguhnya perlu dilakukan analisis terhadap pengaruh *ground plane* terhadap parameter-parameter yang dihasilkan. Selain itu, perancangan dan fabrikasi antenna mikrostrip untuk kepentingan komersial tidak mungkin menggunakan ukuran *ground plane* yang tidak terbatas (*infinite ground plane*). Sehingga pengetahuan tentang pengaruh *finite ground plane* terhadap parameter kinerja antenna mikrostrip sangat penting bagi perancang antenna. Analisis ini dilakukan sebelum melakukan fabrikasi antenna yang dirancang berdasarkan simulasi kinerja antenna mikrostrip *circular patch* dengan program simulator antenna (pada penelitian ini digunakan IE3D™ simulator).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka rumusan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membuat antenna mikrostrip *circular patch* dengan *finite ground plane* agar dapat digunakan pada frekuensi kerja 2,4 GHz yang meliputi dimensi elemen peradiasi, dimensi saluran transmisi dan penyesuai impedansi antenna mikrostrip serta dimensi *finite ground plane* berdasarkan frekuensi dan substrat yang akan digunakan ?
2. Bagaimana pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antenna mikrostrip *circular patch* yang meliputi *bandwidth*, *gain*, polarisasi dan pola radiasi dengan cara mensimulasikan dan mengukur antenna mikrostrip *circular patch* dengan *finite ground plane* ?

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini membahas pengaruh *finite ground plane* terhadap antena mikrostrip *circular patch* yang bekerja pada frekuensi kerja 2.4 GHz melalui simulasi dengan menggunakan program simulator IE3D™ kemudian mengukur antena mikrostrip *circular patch* dengan *finite ground plane*. Dengan batasan sebagai berikut :

1. Tidak membahas pola perambatan gelombang elektromagnetik serta rugi-rugi di ruang bebas dan tidak membahas tentang penurunan rumus dari semua rumus yang digunakan.
2. Tidak membahas karakteristik alat ukur dan sarana pendukungnya.
3. Rumus-rumus yang digunakan adalah rumus dasar perancangan dan pendesainan antena mikrostrip *circular patch* dan saluran transmisi.
4. Hanya membahas metode pemodelan saluran transmisi untuk menganalisis antena dan tidak membahas model *cavity*, metode momen, GTD (*Geometrical Theory of Diffraction*) dan FDTD (*Finite Difference Time Domain*).
5. Rugi – rugi perambatan gelombang elektromagnetik di ruang terbuka tidak diperhitungkan.
6. Antena mikrostrip *circular patch* dengan *finite ground plane* yang diukur menunjukkan performansi terbaik dengan parameter antena yang diukur meliputi *bandwidth* (melalui *return loss*), *gain*, polarisasi dan pola radiasi antena.
7. Spesifikasi antena mikrostrip :
 - bahan Epoxy fiberglass – FR 4
konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm
loss tangent = 0,018
 - bahan pelapis substrat tembaga (konduktor) pada *strip ground plane*
ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m
konduktifitas tembaga (σ) = 5,80 x 10⁷ mho m-1
 - frekuensi kerja (fr) = 2400 MHz

- impedansi karakteristik saluran = 50Ω
8. Hanya melakukan analisis pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antenna mikrostrip *circular patch* dengan dimensi elemen peradiasi tetap dan variabel *finite ground plane* sebagai berikut :
- variasi besar dimensi berubah berdasarkan λ_0 (panjang gelombang di medium udara bebas) berupa panjang atau lebar persegi panjang.
 - variasi luas berupa bentuk persegi dan perubahan sisi persegi berdasarkan λ_0 .
 - variasi bentuk adalah lingkaran dengan luas yang sama dengan *finite ground plane* dengan bentuk persegi dan bentuk *finite ground plane* adalah sama dengan elemen peradiasi.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah menganalisis dan mengukur pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antenna mikrostrip *circular patch* dengan frekuensi kerja 2.4 GHz. Diharapkan setelah penelitian ini, karakteristik *finite ground plane* pada mikrostrip *circular patch* dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan dan perancangan antenna mikrostrip *circular patch*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- | | |
|---------|--|
| BAB I | Pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika penulisan. |
| BAB II | Membahas teori dasar yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan antenna mikrostrip. |
| BAB III | Metodologi, menjelaskan tentang tahapan penyelesaian skripsi. |
| BAB IV | Menjelaskan proses perancangan, simulasi dan pembuatan antenna mikrostrip <i>circular patch</i> untuk frekuensi kerja 2,4 GHz. |
| BAB V | Menjelaskan tentang analisis pengaruh <i>finite ground plane</i> terhadap performansi antenna mikrostrip <i>circular patch</i> dari hasil simulasi dan pengujian pengukuran. |
| BAB VI | Penutup, memuat kesimpulan dan saran skripsi ini. |

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Antena

Antena merupakan instrumen yang penting dalam suatu sistem komunikasi radio. Antena adalah suatu media peralihan antara ruang bebas dengan piranti pemandu (dapat berupa kabel koaksial atau pemandu gelombang/*Waveguide*) yang digunakan untuk menggerakkan energi elektromagnetik dari sumber pemancar ke antena atau dari antena ke penerima. Berdasarkan hal ini maka antena dibedakan menjadi antena pemancar dan antena penerima (Balanis, 2005 :17).

Perancangan antena yang baik adalah ketika antena dapat mentransmisikan energi atau daya maksimum dalam arah yang diharapkan oleh penerima. Meskipun pada kenyataannya terdapat rugi-rugi yang terjadi ketika penjalaran gelombang seperti rugi-rugi pada saluran transmisi dan terjadi kondisi tidak *matching* antara saluran transmisi dan antena. Sehingga *matching* impedansi juga merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam perancangan sebuah antena.

2.2 Parameter-Parameter Antena

Parameter-parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk menjelaskan kinerja suatu antena. Berkaitan dengan penulisan skripsi ini, diperlukan beberapa parameter-parameter antena yang akan memberi informasi kinerja suatu antena.

2.2.1 Impedansi Terminal Antena

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

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2.1)$$

dengan :

Z_A = Impedansi terminal antena (Ω)

R_A = Resistansi terminal antena (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antena (Ω)

Daya total yang disuplai ke antena adalah (Balanis, 2005) :

$$P_{in} = I^2 \cdot R_A \quad (2.2)$$

dengan daya yang dipancarkan :

$$P_{rad} = I^2 \cdot R_{rad} \quad (2.3)$$

dengan :

P_{in} = daya *input* antena (Watt)

I = arus rms pada terminal antena (Ampere)

P_{rad} = daya yang diradiasikan antena (Watt)

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

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \quad (2.4)$$

sehingga diperoleh :

$$Z_{ant} = Z_o \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (2.5)$$

dengan :

Z_{ant} = impedansi antena (Ω)

Z_o = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

Dalam tugas akhir ini digunakan saluran mikrostrip yang juga memiliki resistansi merupakan rugi-rugi dalam saluran mikrostrip. Resistensi rugi-rugi pada antena mikrostrip sama dengan resistansi rugi-rugi pada antena konvensional, yaitu terdiri dari rugi konduktor dan rugi radiasi yang dinyatakan oleh persamaan berikut :

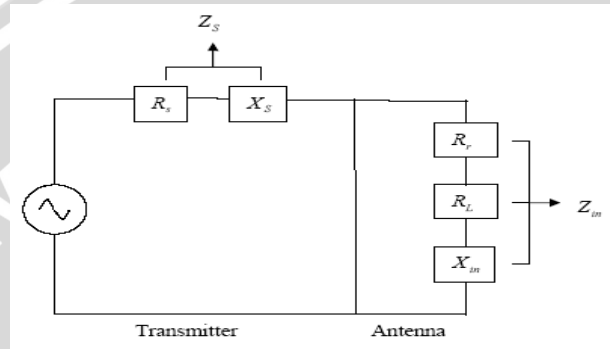
$$R_A = R_r + R_s \quad (2.6)$$

dengan :

R_r = resistansi radiasi (Ω)

R_s = resistansi konduktor (Ω)

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



Gambar 2.1. Rangkaian ekivalen antena pemancar

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 31

Pada Gambar 2.1, 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 antena. Panas antena ini disebabkan oleh rugi dielektrik dan rugi konduksi. Sedangkan X_{in} adalah reaktansi antena yang menunjukkan daya yang disimpan di daerah medan dekat.

Sebagai tambahan, Z_{in} dapat diperoleh dengan menghitung data *return loss* (S_{11}) terukur dan impedansi karakteristik (Z_0) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_{11} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad \text{atau} \quad Z_{in} = Z_0 \frac{S_{11} - 1}{S_{11} + 1} \quad (2.7)$$

2.2.2 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 satu medan ke medan lainnya dengan cara beresilasi. 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.

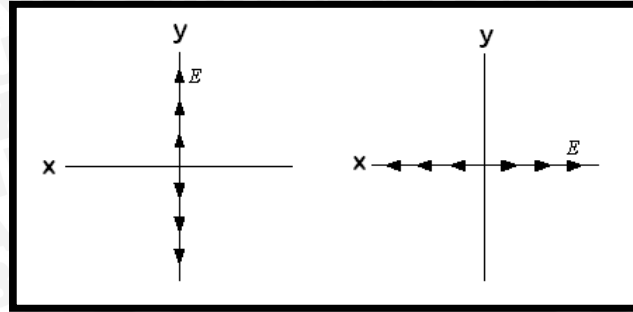
Polarisasi suatu antenna dalam arah tertentu didefinisikan sebagai polarisasi gelombang yang diradiasikan oleh antenna. Ketika arahnya tidak diberitahukan, maka polarisasi yang dianggap adalah polarisasi pada arah *gain* maksimum. Pada kenyataannya polarisasi dari energi radiasi bervariasi dengan arah dari pusat antenna, sehingga bagian pola yang berbeda mungkin mempunyai polarisasi yang berbeda. Terdapat tiga tipe polarisasi: polarisasi *linear*, *circular* dan *elliptical*. Polarisasi *linear* ditentukan oleh posisi dan arah medan elektrik terhadap *ground* atau permukaan bumi sebagai acuan. Ketika medan elektrik sejajar dengan *ground*, maka disebut polarisasi *horizontal* dan disebut polarisasi *vertikal* apabila tegak lurus dengan *ground*.

2.2.2.1 Polarisasi Linier

Suatu gelombang dikatakan terpolarisasi linier apabila vektor medan elektrik (atau medan magnetik) pada suatu titik selalu diorientasikan sepanjang garis lurus yang sama pada setiap waktu sesaat. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

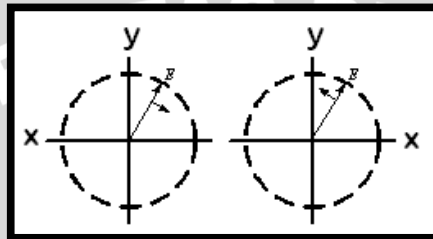
- a. Hanya satu komponen, atau
- b. Dua komponen *orthogonal linear* yang sefasa dalam waktu atau berbeda fasa sebesar 180° (atau kelipatannya).

Untuk mengetahui lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 tentang polarisasi vertikal (a) dan polarisasi horisontal (b).



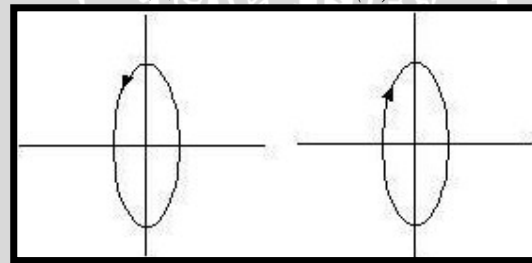
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)

Gambar 2.2

- a) Polarisasi Linier Vertikal
- b) Polarisasi Linear Horisontal
- c) Polarisasi *Circular* dengan Kaidah Tangan Kanan
- d) Polarisasi *Circular* dengan Kaidah Tangan Kiri
- e) Polarisasi Elips Berlawanan Arah Jarum Jam
- f) Polarisasi Elips Searah Jarum Jam

Sumber: : Punit, 2004 : 21

2.2.2.2 Polarisasi Lingkaran

Suatu gelombang dikatakan terpolarisasi lingkaran apabila vektor medan elektrik (atau medan magnetik) pada suatu titik membentuk suatu lingkaran

sebagai fungsi waktu. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

- Medan harus mempunyai dua komponen *orthogonal linear*, dan
- Kedua komponen harus mempunyai besaran yang sama, dan
- Kedua komponen harus mempunyai perbedaan fasa sebesar perkalian ganjil dari 90° dalam waktu.

Penentuan arah rotasi selalu ditentukan dengan merotasi komponen yang fasanya mendahului terhadap komponen yang tertinggal fasa dan mengamati rotasi medan seolah-olah gelombang tersebut terlihat bergerak menjauh dari pengamat. Jika rotasinya searah jarum jam, maka gelombang terpolarisasi sirkular sesuai kaidah tangan kanan; jika rotasinya berlawanan arah jarum jam, maka gelombang terpolarisasi sirkular menurut kaidah tangan kiri. Rotasi komponen mendahului fasa terhadap komponen tertinggal fasa harus dilakukan sepanjang pemisahan sudut diantara dua komponen yang kurang dari 180° . Fasa yang lebih besar atau sama dengan 0° dan kurang dari 180° akan dianggap mendahului sedangkan yang lebih besar dari atau sama dengan 180° dan kurang dari 360° akan dianggap tertinggal. Untuk mengetahui lebih jelasnya bentuk dari polarisasi *circular* dapat dilihat pada Gambar 2.2 (c dan d).

2.2.2.3 Polarisasi Elips

Suatu gelombang dikatakan terpolarisasi elips apabila ujung vektor medan elektrik (atau medan magnetik) pada suatu titik membentuk kedudukan elips dalam ruang (Gambar 2.2 e dan f). Pada variasi waktu sesaat, medan vektor berubah secara kontinyu seiring waktu dengan cara yang sama untuk menggambarkan tempat kedudukan elips. Arah rotasi ditentukan dengan menggunakan aturan yang sama seperti halnya pada polarisasi sirkular. Sebagai tambahan untuk mengetahui arah rotasi, gelombang yang terpolarisasi *elliptical* juga dinyatakan dengan rasio aksial yang besarnya merupakan perbandingan sumbu *mayor* terhadap sumbu *minor*nya. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

- Medan harus mempunyai dua komponen *orthogonal linear*, dan
- Kedua komponen dapat memiliki besaran yang sama atau berbeda.

- c. (1) Jika keduanya memiliki besaran yang berbeda, beda fasa-waktu diantara keduanya tidak boleh 0° atau perkalian 180° (karena akan bersifat linier).
- (2) Jika kedua komponen memiliki besaran yang sama, beda fasa-waktu diantara keduanya tidak boleh kelipatan bilangan ganjil dari 90° (karena akan bersifat *circular*).

2.2.2.4 Proses Pembentukan Axial Ratio

Perbandingan antara mayor dan minor axes pada polarisasi ellips disebut dengan *axial ratio* (AR)

$$AR = \frac{E_1}{E_2} \quad (2.8)$$

Jika $AR = \frac{E_{mayor}}{E_{minor}} \approx \text{tak hingga} \rightarrow$ polarisasi linier

$AR = \frac{E_{mayor}}{E_{minor}} \approx 1 \approx 0 \text{ dB} \rightarrow$ polarisasi lingkaran

$AR = \frac{E_{mayor}}{E_{minor}} \approx$ berada di antara $1 \approx 0 \text{ dB} - \text{tak hingga} \rightarrow$ polarisasi ellips

2.2.3 Daerah Medan Radiasi

Daerah medan radiasi suatu antena adalah daerah di mana radiasi antena tersebut masih dapat diterima dengan baik. Daerah medan radiasi ini disebut juga jangkauan sinyal dari suatu antena sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.3.

Daerah medan radiasi ini sesuai dengan persamaan :

$$r_1 = 0,62\sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (2.9)$$

$$r_2 = 2D^2/\lambda \quad (2.10)$$

r_1 dan $r_2 =$ jarak medan radiasi (m)

Daerah medan radiasi terbagi menjadi tiga, yaitu :

- *Reactive Near-Field Zone*

Pada daerah ini, medan reaktif sangat mendominasi. Batas daerah ini:

$$r < 0,62\sqrt{D^3/\lambda} \tag{2.11}$$

dengan

r = jarak medan radiasi (m)

λ = panjang gelombang (m)

D = dimensi antenna (m)

- *Radiating Near-Field (Fresnel) Zone*

Adalah daerah medan di antara *reactive near field zone* dan *far field zone*.

Pada daerah ini, medan radiasi sangat berpengaruh. Dan distribusi medan sudut (*angular field distribution*) bergantung pada jarak dari antenna. Batas daerah ini :

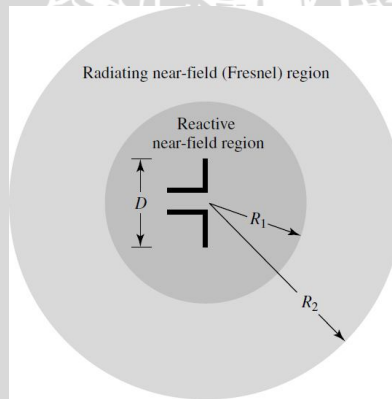
$$0,62\sqrt{D^3/\lambda} \leq \text{daerah Fresnel} < 2D^2/\lambda \tag{2.12}$$

- *Far-Field (Franhouffer) Zone*

Adalah daerah medan antenna dengan distribusi medan sudut sangat tidak bergantung pada jarak dari antenna. Batas daerah ini :

$$2D^2/\lambda \leq r < \infty \tag{2.13}$$

Pola medan pada daerah ini mempunyai komponen-komponen medan saling tegak lurus.



Gambar 2.3 Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena.

Sumber: Balanis, 2005: 34

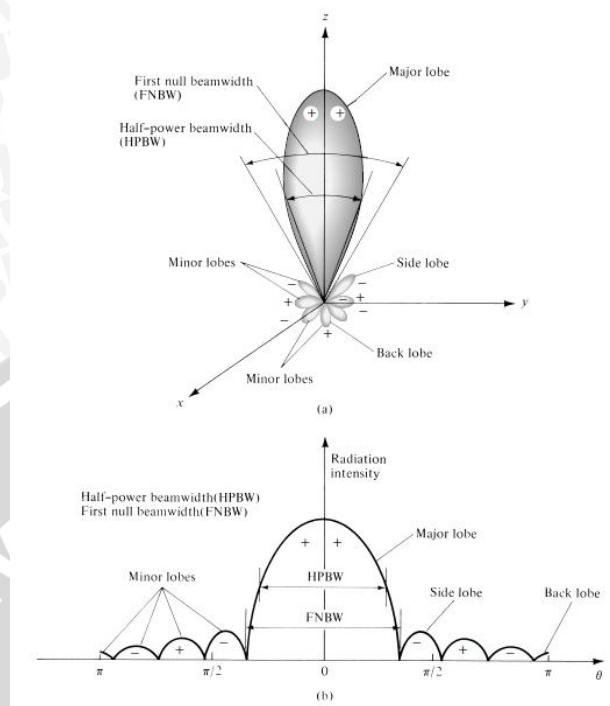
2.2.4 Pola Radiasi

Karakteristik antena seperti *beamwidth*, *Front to Back Ratio (F/B)* akan lebih mudah ditentukan bila diketahui bentuk pola radiasinya. Pola radiasi antena didefinisikan sebagai gambaran secara grafis sifat-sifat radiasi medan jauh dari antena sebagai fungsi koordinat ruang (tiga dimensi). Sifat-sifat radiasi ini meliputi intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi (Balanis, 2005: 27).

Berdasarkan pola radiasinya, antena terbagi atas antena dengan pola radiasi *Isotropic*, *Directional*, dan *Omnidirectional*. Radiator isotropis didefinisikan sebagai hipotesis antena tanpa rugi yang mempunyai radiasi sebanding dalam semua arah. Meskipun pola seperti ini adalah pola ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antena. Antena *directional* adalah antena yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang EM yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antena *omnidirectional* adalah antena yang mempunyai pola *directional* pada suatu bidang tertentu dan pola *non-directional* pada bidang tegak lurus lainnya.

Pengukuran pola radiasi dilakukan dari sudut 0° sampai 360° . Hasil perhitungan dapat diplot pada grafik polar, yang selanjutnya dapat dicari nilai -3 dB *beamwidth* setengah dayanya. Nilai -3 dB *beamwidth* setengah daya yang telah diketahui diplot terhadap fungsi frekuensi kerja, baik untuk pola radiasi horisontal maupun pola radiasi vertikal.

Pola radiasi dapat diukur dengan menggerakkan probe antena di sekitar antena yang diukur pada jarak yang tetap, kemudian mencatat respon sebagai fungsi koordinat sudut (θ, ϕ) pada radius konstan.



Gambar 2.4 (a) Pola Radiasi Antena, (b) Pola Radiasi Antena dalam Koordinat Square.

Sumber: Balanis, 2005: 30

Berdasarkan pola radiasinya, antenna terbagi atas antenna dengan pola radiasi *Isotropic*, *Unidirectional*, dan *Omnidirectional*. Radiator isotropis didefinisikan sebagai hipotesis antenna tanpa rugi yang mempunyai radiasi sebanding dalam semua arah. Meskipun pola seperti ini adalah pola ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antenna. Antenna *unidirectional* adalah antenna yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang EM yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya atau memiliki intensitas radiasi maksimum hanya pada satu arah tertentu saja. Sedangkan antenna *omnidirectional* adalah antenna yang mempunyai pola *directional* pada suatu bidang tertentu dan pola *non-unidirectional* pada bidang tegak lurus lainnya atau memiliki intensitas radiasi maksimum pada dua arah atau lebih.

2.2.5 Lobe Pola Radiasi dan Beamwidth

Pola radiasi terdiri dari beberapa *lobe* radiasi yang meliputi *Main Lobe* dan *Minor Lobe*. *Main Lobe* adalah arah radiasi maksimum antenna. Sedangkan *Minor Lobe* yang terdiri dari *Side Lobe* dan *Back Lobe* adalah radiasi pada arah lain yang biasanya tidak dikehendaki.

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. *Beam Area* adalah sudut solid dari daya yang diradiasikan antenna, yang terdiri dari *main beam area* dan *minor-lobe beam area* dengan rumusan sebagai berikut (Kraus, 1988) :

$$\Omega_A \approx \Omega_M + \Omega_m \quad \text{atau} \quad \Omega_A \approx 3283 \times \theta_{HP}^{\circ} \cdot \phi_{HP}^{\circ} \quad (\text{mengabaikan } \textit{minor lobe})$$

(2.14)

dengan :

$$\Omega_A = \textit{beam area} \text{ (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

$$\Omega_M = \textit{main beam area} \text{ (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

$$\Omega_m = \textit{minor-lobe beam area} \text{ (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

$$\theta_{HP} = \textit{half-power beam width} \text{ pada bidang } \theta \text{ (radian)}$$

$$\phi_{HP} = \textit{half-power beam width} \text{ pada bidang } \phi \text{ (radian)}$$

$$\theta_{HP}^{\circ} = \textit{half-power beam width} \text{ pada bidang } \theta \text{ (derajat)}$$

$$\phi_{HP}^{\circ} = \textit{half-power beam width} \text{ pada bidang } \phi \text{ (derajat)}$$

$$\Omega_A = \textit{beam area} \text{ (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

Pola radiasi antenna dapat dihitung dengan perbandingan antara daya pada sudut nol derajat (radiasi daya maksimum) dengan daya pada sudut tertentu. Maka pola radiasi (P) dinyatakan (Balanis, 1982) :

$$P(\text{dB}) = 10 \cdot \log \frac{P_o}{P_T} (\text{dB}) \quad \text{atau} \quad P(\text{dB}) = 10 \cdot \log P_o - 10 \cdot \log P_T \quad (2.15)$$

dengan :

$$P = \textit{intensitas radiasi antenna pada sudut tertentu (dB)}$$

$$P_o = \textit{daya yang diterima antenna pada sudut } 0^{\circ} \text{ (watt)}$$

P_T = daya yang diterima antena pada sudut tertentu (*watt*)

Ukuran yang menyatakan berapa besar daya yang terkonsentrasi pada *main lobe* dibanding daya pada *side lobe* disebut dengan *Side Lobe Level*, yang merupakan perbandingan besar puncak *side lobe* dengan puncak *main lobe*. Atau dapat dinyatakan dengan persamaan (Stutzman, 1981: 29) :

$$SLL_{dB} = 20 \log \left| \frac{F(SLL)}{F(max)} \right| \quad (2.16)$$

dalam hal ini :

SLL = Side Lobe Level

F(SLL) = nilai maksimum *Main Lobe*

F(max) = nilai maksimum *Side Lobe*

Nilai *F/B* suatu antena merupakan perbandingan daya pada arah pancar terbesar yang dikehendaki (*main lobe*) dengan daya pada arah pancar yang berlawanan dengan *main lobe* (*back lobe*), sehingga nilai *F/B* adalah:

$$- = - \quad (2.17)$$

$$\text{atau } - \text{ (dB)} = P_m \text{ (dBm)} - P_l \text{ (dBm)}$$

dengan :

- = *Front to Back ratio* (dB)

P_m = daya puncak *main lobe* (dBm)

P_l = daya puncak *back lobe* (dBm)

2.2.6 Keterarahan (*Directivity*)

Keterarahan suatu antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi maksimum antena dengan intensitas radiasi dari sumber isotropis. Keterarahan dapat dihitung dengan menggunakan hasil pengukuran pola radiasi, salah satu metode yang diperkenalkan oleh Kraus adalah menggunakan prosedur sebagai berikut:

1. Mengukur pola radiasi horisontal dan vertikal antena yang diuji
2. Menentukan nilai -3dB beamwidth setengah daya dari pola radiasi horisontal dan vertikal
3. Menghitung *directivity* dengan persamaan sebagai berikut:

$$D = \frac{4\pi_{(steradian)}}{\theta \phi_{(radian^2)}} \quad (2.18)$$

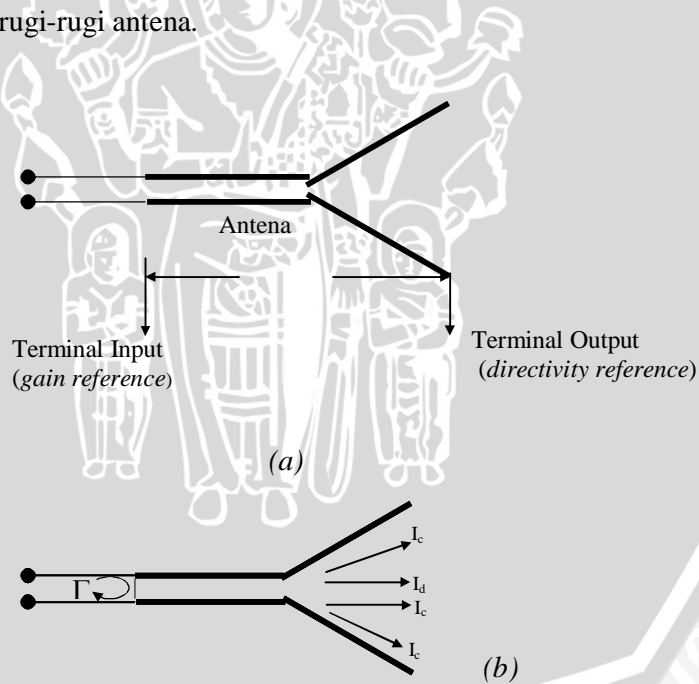
1 steradian = 1 radian²

dengan :

- D = directivity (tanpa satuan)
- θ = -3dB beamwidth pola radiasi vertikal (rad)
- ϕ = -3dB beamwidth pola radiasi horisontal (rad)

2.2.7 Gain Antena

Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antena adalah *gain* (penguatan). Meski *gain* antena erat kaitannya dengan *directivity*, *gain* adalah pengukuran yang memperhitungkan efisiensi antena maupun keterarahannya. *Gain* antena dibedakan atas : *absolute gain* dan *relative gain*. Untuk membahas kedua jenis gain ada baiknya melihat Gambar 2.5 yaitu terminal referensi dan rugi-rugi antena.



Gambar 2.5 Terminal referensi dan rugi-rugi antena

Sumber : Balanis, 2005 : 59

Absolute gain suatu antena (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antena pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antena diradiasikan secara

isotropis. Intensitas radiasi dari daya yang diradiasikan secara isotropis sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal *input*) antenna dibagi dengan 4π . Dalam bentuk persamaan, hal ini dapat dinyatakan sebagai

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (2.19)$$

dengan:

G = gain antenna (dB)

U_m = intensitas radiasi antenna (watt)

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

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 *gain* relatif, antenna referensi yang digunakan berupa antenna sumber isotropis tanpa rugi. Sehingga

$$G = \frac{4\pi I(\theta, \phi)}{P_{in} \text{ (lossless isotropic source)}} \quad (2.20)$$

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

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2.21)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2.22)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2.23)$$

dengan :

- G = gain antenna uji (dB)
 P_U = daya yang diterima antenna uji (W)
 P_R = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.2.8 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR suatu antenna merupakan perbandingan antara jumlah tegangan datang dan tegangan pantul dengan selisih antara tegangan datang dan tegangan pantul. Nilai VSWR dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan (Edgar Hund, 1989: 43):

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.24)$$

dengan Γ dapat diperoleh dari persamaan :

$$P_r = \Gamma^2 \cdot P_{out} \quad (2.25)$$

$$\Gamma^2 = \frac{P_r}{P_{out}} \quad (2.26)$$

dengan :

- Γ = koefisien pantul
 P_r = daya terpantul (W)
 P_{out} = daya keluaran (W)

2.2.9 Return Loss (RL)

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

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

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2.27)$$

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \quad (\text{dB}) \quad (2.28)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = tegangan gelombang maju (*incident wave*)

RL = *return loss* (dB)

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

2.2.10 Lebar Pita (*Bandwidth*)

Bandwidth antenna didefinisikan sebagai "range frekuensi antenna dengan beberapa karakteristik, sesuai dengan standar yang telah ditentukan". Untuk *Broadband* antenna, lebar bidang dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi operasi atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *Narrowband* antenna, maka lebar bidang antenna dinyatakan sebagai persentase dari selisih frekuensi di atas frekuensi tengah dari lebar bidang (Balanis, 2005: 47).

Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth* rasio (B_r) dinyatakan sebagai (Punit, 2004: 22) :

$$B_p = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2.29)$$

$$f_c = \frac{f_2 + f_1}{2} \quad (2.30)$$

$$B_r = \frac{f_2}{f_1} \quad (2.31)$$

dengan :

B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

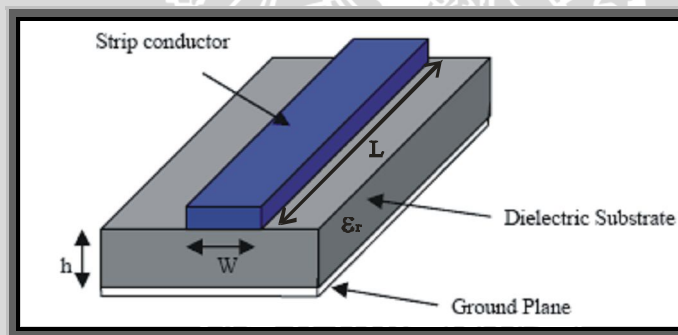
B_r = *bandwidth* rasio

f_2 = jangkauan frekuensi atas

f_1 = jangkauan frekuensi bawah

2.3 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

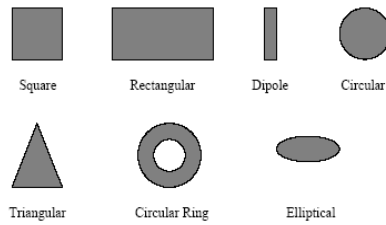
Berdasarkan asal katanya, mikrostrip terdiri atas dua kata, yaitu *micro* (sangat tipis/kecil) dan *strip* (bilah/potongan). Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis antena yang mempunyai bentuk seperti bilah/potongan yang mempunyai ukuran sangat tipis/kecil dan terdiri atas lapisan peradiasi, substrat, dan *ground plane*. *Patch* bisa memiliki berbagai macam bentuk seperti lingkaran, segitiga, kotak atau persegi panjang. Pada umumnya antena mikrostrip tersusun atas *patch* atau bidang radiasi pada satu sisi dan sisi lain adalah bidang pentanahan (*ground*) yang dibatasi oleh substrat tertentu dengan nilai permitifitas tertentu seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. 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 selular/nirkabel maupun komunikasi satelit (Fajar, 2009: 2).



Gambar 2.6 Struktur Antena Mikrostrip.

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 40

Antena mikrostrip mempunyai berbagai macam bentuk geometri. Dalam perancangan biasanya digunakan bentuk-bentuk yang sederhana seperti terdapat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Macam-macam bentuk elemen mikrostrip.

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 32

Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Untuk kinerja antenna, pemilihan substrat sangat berpengaruh, semakin tebal substrat maka konstanta dielektriknya kecil sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya. Karena itu perlu dipikirkan antara bentuk antenna dengan kinerjanya.

Beberapa keuntungan dari antenna mikrostrip adalah:

1. Mempunyai bobot yang ringan dan volume yang kecil.
2. Konfigurasi yang *low profile* sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya.
3. Biaya fabrikasi yang murah sehingga dapat dibuat dalam jumlah yang besar.
4. Mendukung polarisasi linear dan sirkular.
5. Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuits* (MICs)
6. Kemampuan dalam *dual frequency*.
7. Tidak memerlukan catuan tambahan.

Namun, antenna mikrostrip juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu :

1. *Bandwidth* yang sempit.
2. Efisiensi yang rendah.
3. Penguatan yang rendah.
4. Memiliki rugi-rugi hambatan (*ohmic loss*) pada pencatuan antenna *array*.
5. Memiliki daya (*power*) yang rendah.
6. Timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*).

Terdapat beberapa metode yang paling umum digunakan untuk analisis antenna mikrostrip, yaitu model saluran transmisi, model *cavity*, dan metode

gelombang penuh (yang meliputi persamaan integral primer/metode momen). Model saluran transmisi merupakan yang paling sederhana dan mampu memberikan pemahaman yang bagus, akan tetapi kurang akurat jika dibandingkan dengan model lainnya. Model *cavity* mampu memberikan tingkat akurasi yang lebih baik, namun bersifat lebih kompleks dan sulit. Sedangkan metode gelombang penuh adalah metode yang paling sulit untuk difahami namun mampu memberikan analisis dengan tingkat keakuratan yang sangat tinggi.

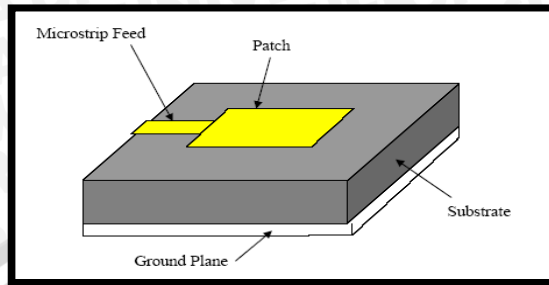
2.4 Teknik *Feeding* pada Antena Mikrostrip

Teknik *feed* atau pencatutan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antena mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antena mikrostrip. *Patch* antena mikrostrip dapat dicatu dengan berbagai macam metode. Metode-metode tersebut dapat dikelompokkan kedalam dua kategori: metode kontak langsung (*contacting method*) dan metode kontak tak langsung (*non-contacting method*). Dalam *contacting method* daya RF dicatu secara langsung ke *patch* peradiasi dengan menggunakan elemen penghubung seperti saluran mikrostrip. Sedangkan dalam skema *non-contacting method*, kopling medan electromagnet dilakukan untuk mentransfer daya antara saluran transmisi dan *patch* peradiasi. Ada 4 teknik pencatutan yang populer digunakan yaitu *microstrip line*, *coaxial feed* (keduanya menggunakan skema kontak langsung), *aperture coupling* dan *proximity coupling* (keduanya menggunakan skema kontak tak langsung)

2.4.1 *Microstrip Line Feed*

Pada tipe pencatutan ini, bagian konduktor dihubungkan secara langsung dengan bagian tepi *patch* mikrostrip. Lebar *strip* konduktor lebih kecil dari pada elemen peradiasi antena mikrostrip. Tipe pengaturan pencatutan semacam ini mempunyai keuntungan bahwasanya pencatutan dapat diberikan pada substrat yang sama untuk menyediakan suatu struktur planar. Tujuan memberikan potongan menjorok (*inset*) kedalam *patch* adalah untuk menyesuaikan impedansi saluran dengan *patch* tanpa memerlukan elemen penyesuai tambahan. Hal ini

dapat diperoleh melalui pengaturan posisi *inset* yang benar. Dari penjelasan tersebut maka dapat lebih jelasnya dilihat pada Gambar 2.8.



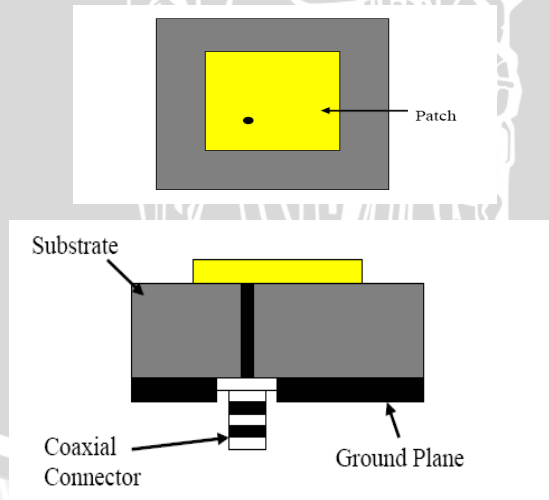
Gambar 2.8 *Microstrip Line Feed*

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 34

Oleh karena itu metode ini menawarkan skema pencatuan yang mudah disamping kemudahan dalam proses pembuatan dan pemodelan untuk mendapatkan kesesuaian impedansi.

2.4.2 *Coaxial Feed*

Coaxial feed atau *probe feed* adalah teknik yang umum digunakan pada pencatuan antenna. Seperti terlihat pada Gambar 2.9 konduktor bagian dalam dari kabel koaksial dihubungkan dengan elemen peradiasi dan konduktor bagian luar dari kabel koaksial dihubungkan dengan bidang pentanahan (*ground plane*).



Gambar 2.9 Metode *Coaxial feed*

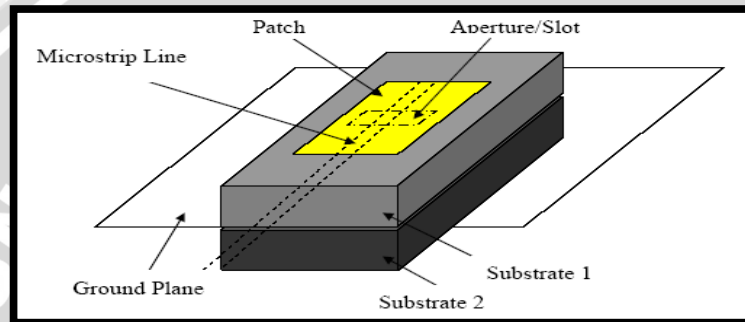
Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 35

Kelebihan dari metode pencatuan seperti ini adalah pencatuan dapat diletakkan pada setiap lokasi didalam *patch* yang diinginkan untuk mendapatkan

matching impedansi dari antena. Akan tetapi metode ini mempunyai kekurangan yaitu *bandwidth* yang sempit dan kesulitan dalam pemodelan.

2.4.3 Aperture Coupling

Pada tipe pencatutan ini elemen peradiasi dan bagian pencatu terpisah dengan bidang pentanahan (*ground plane*) seperti pada Gambar 2.10 kopleng antara elemen peradiasi antena (*patch*) dan saluran pencatu (*line feed*) dibuat melalui *slot* atau *aperture*.



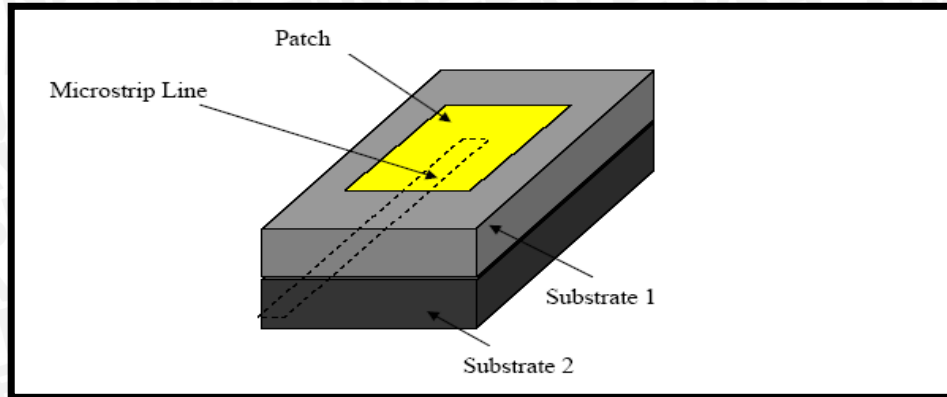
Gambar 2.10 Aperture Coupling Feed

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 36

Celah kopleng biasanya diposisikan ditengah pada bagian bawah *patch*, sehingga mengurangi *cross-polarization* yang disebabkan struktur yang simetris. Untuk mengoptimalkan radiasi dari *patch*, biasanya digunakan bahan dengan konstanta dielektrik yang berbeda untuk lapisan/substrat bagian atas dan bawah. Kekurangan dari metode ini terletak pada teknik pencatutan yang sulit untuk difabrikasi dikarenakan lapisan ganda (*multiple layer*) yang tentunya juga menambah ketebalan antena.

2.4.4 Proximity Coupling

Metode pencatutan semacam ini disebut juga skema kopleng elektromagnetik. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11 dua bahan dielektrik digunakan sehingga saluran pencatu berada diantara kedua substrat dan bagian elemen peradiasi berada di substrat bagian atas. Kelebihan dari metode ini adalah *bandwidth* yang lebih lebar dari pada teknik pencatutan yang lain. Untuk optimasi antena dapat digunakan media dielektrik yang berbeda.



Gambar 2.11 *Proximity Coupling Feed*

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 37

Matching dapat diperoleh dengan mengatur panjang saluran pencatu dan perbandingan lebar saluran pencatu terhadap lebar elemen peradiasi. Adapun kekurangan yang paling mendasar dari metode ini adalah kesulitan dalam hal fabrikasinya, dikarenakan penggunaan dua lapisan dielektrik yang betul-betul memerlukan ketelitian dalam penyusunannya.

2.5 Antena Mikrostrip

Substrat dan elemen pada saluran mikrostrip menyebabkan adanya rugi – rugi pada saluran tersebut. Rugi – rugi tersebut menggambarkan rugi – rugi per satuan panjang yang dinyatakan dalam faktor pelemahan (α). Tiga jenis rugi – rugi yang utama yaitu rugi – rugi dielektrik, rugi – rugi konduktor, dan rugi – rugi radiasi. Rugi – rugi tersebut dipengaruhi oleh faktor geometri, saluran geometris, sifat dielektrik dari substrat dan konduktor serta frekuensi yang digunakan (Liao, 1987: 141).

2.5.1 Rugi – rugi Dielektrik

Rugi – rugi dielektrik disebabkan adanya sifat konduktivitas dielektrik dan dinyatakan sebagai koefisien pelemahan dielektrik (α_d). Besarnya rugi – rugi dielektrik pada saluran mikrostrip dapat dinyatakan dengan persamaan (Liao, 1987: 143) :

$$\alpha_d = 4,34 \frac{\sigma_d}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \left(\frac{\epsilon_{reff} - 1}{\epsilon_r - 1} \right) \sqrt{\frac{\mu_o}{\epsilon_o}} \quad (dB/cm) \quad (2.32)$$

dengan :

$$\alpha_d = \text{rugi - rugi dielektrik (dB/cm)}$$

$$\sigma_d = \text{konduktifitas dielektrik (mho/m)}$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \text{permitifitas dielektrik relatif efektif (F/m)}$$

$$\epsilon_r = \text{permitifitas dielektrik relatif substrat (F/m)}$$

$$\epsilon_o = \text{permitifitas ruang hampa (8,854} \times 10^{-12} \text{ F/m)}$$

$$\mu_o = \text{permeabilitas ruang hampa (4}\pi \times 10^{-7} \text{ H/m)}$$

2.5.2 Rugi – rugi Konduksi

Dalam suatu saluran mikrostrip yang memiliki rugi – rugi dielektrik yang rendah, maka sumber rugi – rugi yang utama adalah akibat tidak sempurnanya konduktor yang ada, dan besarnya rugi – rugi konduktor dapat dinyatakan dengan persamaan (Liao, 1987: 145) :

$$\alpha_c = \frac{8,686}{w \cdot Z_o} R_s \text{ (dB/cm)} \quad (2.23)$$

$$R_s = \sqrt{\frac{\pi \cdot f \cdot \mu}{\sigma_c}} \text{ (}\Omega\text{)}$$

dengan :

$$\alpha_c = \text{rugi - rugi konduktor (dB/cm)}$$

$$R_s = \text{resistansi permukaan (}\Omega\text{)}$$

$$Z_o = \text{impedansi karakteristik saluran (}\Omega\text{)}$$

$$w = \text{lebar saluran mikrostrip (mm)}$$

$$\mu = \text{permeabilitas bahan (H/m)}$$

$$\sigma_c = \text{konduktifitas konduktor (mho/cm)}$$

Dari persamaan – persamaan di atas akan didapatkan besarnya koefisien pelemahan (α) pada mikrostrip adalah merupakan penjumlahan antara rugi – rugi dielektrik (α_d) dan rugi – rugi konduktor (α_c) yang dinyatakan dengan persamaan (Liao, 1987: 175) :

$$\alpha = \alpha_d + \alpha_c \text{ (dB/cm)} \quad (2.24)$$

dengan :

$$\alpha = \text{koefisien pelemahan (dB/cm)}$$

$$\alpha_d = \text{rugi - rugi dielektrik (dB/cm)}$$

$$\alpha_c = \text{rugi - rugi konduktor (dB/cm)}$$

2.5.3 Rugi – rugi Radiasi

Disamping rugi – rugi dielektrik (α_d) dan rugi – rugi konduktor (α_c), pada saluran *microstrip* terdapat juga rugi – rugi radiasi. Rugi – rugi radiasi ini sangat tergantung pada ketebalan dan konstanta dielektrik substrat. Rugi – rugi ini dinyatakan dalam bentuk rasio daya yang diradiasikan terhadap daya total yang diberikan ke saluran. Rasio daya yang diradiasikan oleh saluran *microstrip open circuit* dinyatakan oleh persamaan (Liao, 1987: 147) :

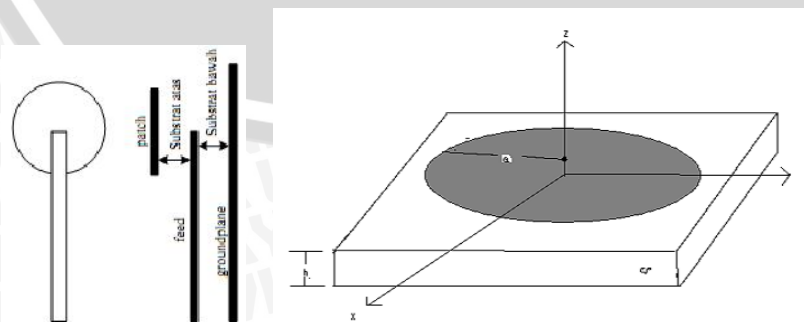
$$R_r = 240 \cdot \pi^2 \left(\frac{h}{\lambda_o} \right)^2 \left[\frac{\epsilon_{reff} + 1}{\epsilon_{reff}} - \frac{\epsilon_{reff} - 1}{2\epsilon_{reff} \sqrt{\epsilon_{reff}}} \ln \left(\frac{\sqrt{\epsilon_{reff}} + 1}{\sqrt{\epsilon_{reff}} - 1} \right) \right] (dB/cm) \quad (2.35)$$

dengan :

- R_r = rugi – rugi radiasi (dB/cm)
- P_t = daya total yang diberikan saluran (dB)
- P_{rad} = daya yang diradiasikan (dB)
- λ_o = panjang gelombang di udara (m)
- h = tebal substrat (mm)
- ϵ_{reff} = permitifitas dielektrik relatif efektif (F/m)

2.6 Karakteristik Antena Mikrostrip *Circular Patch* dan Metode Analisis Antena Mikrostrip *Circular Patch*

Antena mikrostrip dengan *patch* sirkular akan memiliki performa yang sama dengan antena mikrostrip *patch* segi empat. Pada aplikasi tertentu, seperti *array*, *patch* sirkular ini akan menghasilkan keuntungan dibandingkan dengan *patch* yang lainnya. Antena mikrostrip dengan *patch* sirkular ini akan lebih mudah dimodifikasi untuk menghasilkan nilai impedansi, pola radiasi, dan frekuensi kerja yang diinginkan. Untuk lebih memahami antena mikrostrip *patch* sirkular ini dapat dilihat pada Gambar 2.12.

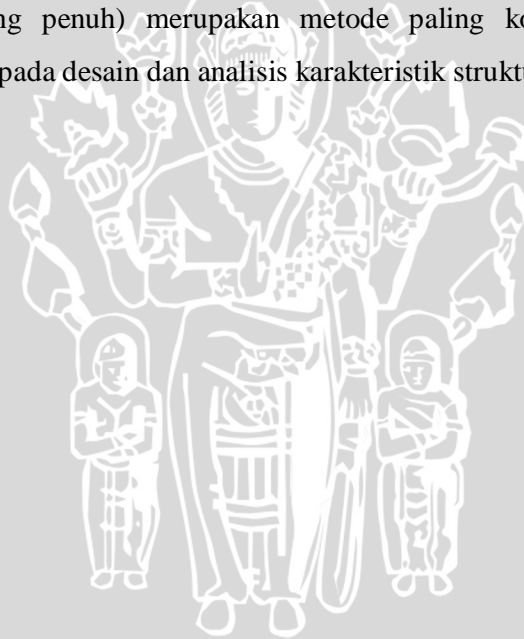


Gambar 2.12 Antena Mikrostrip *Circular Patch*

Sumber: B.J. Kwaha, 2011 : 86

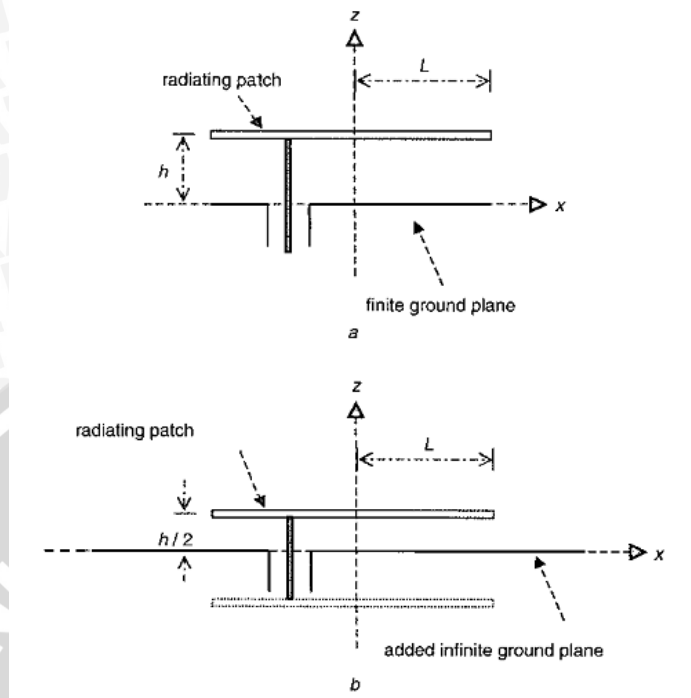
2.7.1 Metode Analisis Antena Mikrostrip *Circular Patch*

Untuk menganalisis antena mikrostrip *circular patch* ini banyak metode yang telah digunakan, termasuk diantaranya dengan menggunakan metode model rongga (*cavity model*), metode gelombang penuh dan metode model saluran transmisi umum. Metode pendekatan yang dipakai dalam penelitian ini adalah model saluran transmisi umum, yang merupakan metode paling sederhana di antara metode lainnya. Metode ini memberikan kemudahan secara pengamatan fisis namun kurang begitu akurat dibandingkan dengan *cavity model*. *Cavity model* cukup mudah dalam pengamatan fisis dan cukup akurat. Sedangkan metode *full wave* (gelombang penuh) merupakan metode paling kompleks dengan ketelitian yang tinggi pada desain dan analisis karakteristik struktur antena.



2.8 Konsep Dasar *Ground Plane*

2.8.1 *Infinite Ground Plane* dan *Finite Ground Plane*

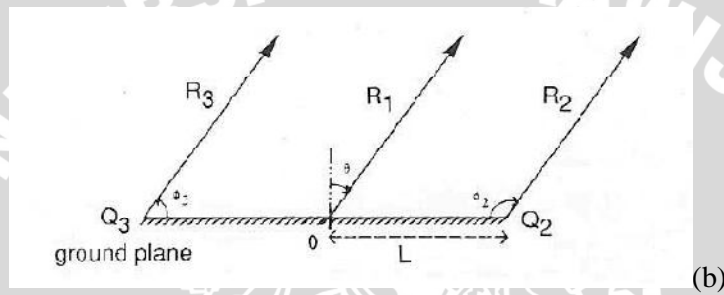
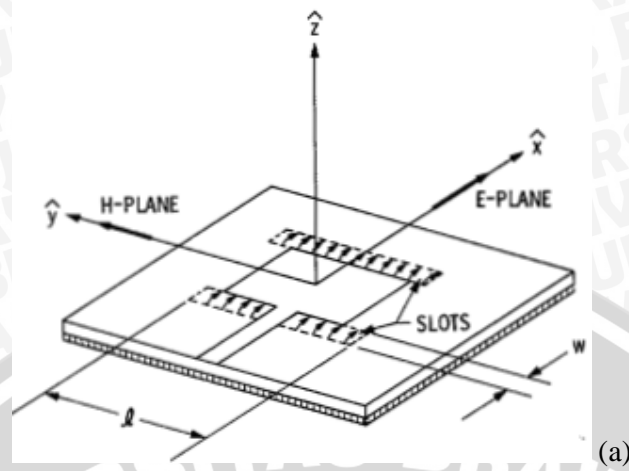


Gambar 2.13 Antena Mikrostrip dengan *Finite Ground Plane* (a) dan Antena Mikrostrip dengan *Infinite Ground Plane* (b)

Sumber: C.L. Mak, 2003 : 12

Seringkali karakteristik antena digambarkan dengan mengasumsikan ukuran yang tidak terbatas dari substrat dan *ground plane* (*infinite*). Dalam prakteknya ukuran dari keduanya terbatas (*finite*) dan akan mempengaruhi kinerja antena mikrostrip. Seperti diperlihatkan pada Gambar 2.13, terlihat perbedaan fisis antena mikrostrip yang menggunakan *ground plane* terbatas (*finite*) dan tidak terbatas (*infinite*).

2.8.2 Teori E-Plane dan H-Plane pada Antena Mikrostrip dengan *Finite Ground Plane*



Gambar 2.14 Koordinat *Finite Ground Plane* (a) Analisis Medan Listrik E-Plane pada Antena Mikrostrip dengan *Finite Ground Plane* (b)

Sumber: Patrick Vaudon, 1992 : 2/11

Pada gambar 2.14 terdapat antena mikrostrip dengan *finite ground plane*, diasumsikan jarak batas *ground plane* terhadap sumbu pusat (*origin*) antena mikrostrip adalah L . Pola radiasi antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai pola garis tertutup di atas kertas dengan pola tertentu, yang menunjukkan kuat medan listrik (*electric field*, E) pancaran satu antena yang terletak di pusat pola tersebut. Untuk keperluan pengukuran, maka bidang pola yang dipilih ada dua jenis, yaitu E-Plane dan H-Plane. Sehingga, terdapat dua bidang pola radiasi, yaitu horizontal (H-Plane) dan vertikal (E-Plane).

Kemudian akan dilakukan pencarian bentuk fisis medan listrik dari E-Plane dan H-Plane dari antena yang diberikan dalam fungsi $F(\cdot)$. Dengan sifat gelombang sebagai cahaya (*rays*), maka diasumsikan ada tiga titik, yaitu 0 (titik tengah *finite ground plane*), Q_2 (batas *finite ground plane* pertama) dan Q_3 (batas *finite ground plane* kedua) yang digunakan untuk menemukan persamaan dari kuat medan listrik total E-Plane seperti pada gambar (2.14.b).

dengan,

R_1 = gelombang terdifraksi yang berhubungan dengan medan $\vec{E}(\vec{r}, t)$.

R_2 dan R_3 = gelombang terdifraksi yang ada di daerah batas *ground plane* dan berhubungan dengan medan $\vec{E}(\vec{r}, t)$ dan $\vec{E}(\vec{r}, t)$.

Maka didapatkan total medan pada E-Plane adalah (Voudon, 1992: 320-321) :

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}(\vec{r}, t) + \vec{E}(\vec{r}, t) + \vec{E}(\vec{r}, t) \quad (2.36)$$

dengan :

$\vec{E}(\vec{r}, t)$ = Total Medan Listrik pada vector \vec{r}

$\vec{E}(\vec{r}, t)$ = Medan Listrik pada titik 0

$\vec{E}(\vec{r}, t)$ = Medan Listrik pada titik Q_2

$\vec{E}(\vec{r}, t)$ = Medan Listrik pada titik Q_3

Tiap vektor hanya memiliki satu komponen ke arah \vec{r} . Dalam bentuk vektor penjumlahan skalar dinyatakan dalam persamaan (Voudon, 1992: 320-321) :

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = [\vec{E}_1(\vec{r}, t) + \vec{E}_2(\vec{r}, t) + \vec{E}_3(\vec{r}, t)] \vec{r} \quad (2.37)$$

dimana tiap komponen dinyatakan dengan $E_i(\vec{r}, t)$; $i = 1, 2, 3$.

$E_i(\vec{r}, t)$ adalah medan yang dihasilkan oleh pola radiasi antenna pada E-Plane, ketika titik P ditempatkan pada jarak r dari antenna. Sehingga (Voudon, 1992: 320-321) :

$$E_i(\vec{r}, t) = E(\vec{r}, t) \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta}} \quad (2.38)$$

dengan, $E(\vec{r}, t)$ = pola radiasi antenna pada *infinite ground plane*. Penetapan nilai

$E(\vec{r}, t)$ dan $E(\vec{r}, t)$ didapatkan dengan cara yang sama, cukup dengan pemecahan dari komponen $E(\vec{r}, t)$ saja didapatkan pada titik Q_2 (Voudon, 1992: 320-321) :

$$E(\vec{r}, t) = - \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta}} \quad (2.39)$$

Untuk mendapatkan persamaan umum medan difraksi digunakan persamaan Sommerfeld dan koefisien difraksi dari metode yang dikembangkan oleh Kouyoumjian dan Pathak tentang batas optis geometris di sekitar medan. Sehingga (Voudon, 1992: 320-321) :

$$E(\vec{r}, t) = - \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta}} - \sqrt{2} \frac{\phi}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta}} \quad (2.40)$$

dengan,

$$\phi = \frac{(\sin \theta - \sin \theta_0)}{(\sin \theta + \sin \theta_0)} \quad \text{dan} \quad \phi = \frac{1}{2} +$$

L = jarak pusat ke batas tepi *finite ground plane*

$$K(\theta) = \frac{K_0(\theta) - K_1(\theta)}{\sqrt{1 - \cos^2 \theta}} \quad (2.40)$$

K = koefisien difraksi hasil persamaan Sommerfeld, Kouyoumjian dan Pathak

Suatu titik observasi P diletakkan pada jarak r yang dibandingkan dengan L , dengan asumsi perkiraan $r = L$ didapatkan (Voudon, 1992: 320-321) :

$$K(\theta) = - \frac{K_0(\theta) - K_1(\theta)}{\sqrt{2} - \cos \theta} - \frac{K_2(\theta)}{\sqrt{2} + \cos \theta} \quad (2.41)$$

Pada sisi lainnya (Q_3), didapatkan analisis yang sama terhadap difraksi yang terjadi hingga akhirnya didapatkan total medan radiasi antenna dengan *finite ground plane* (Voudon, 1992: 320-321) :

$$E(\theta) = E_0(\theta) - \frac{E_1(\theta)}{2} - \frac{E_2(\theta)}{\sqrt{2} - \cos \theta} - \frac{E_3(\theta)}{\sqrt{2} + \cos \theta} \quad (2.42)$$

Untuk mendapatkan medan radiasi pada bidang *H-Plane* dengan menggunakan prinsip yang sama pada bidang *E-Plane*, tiap vektor hanya memiliki satu komponen ke arah $\hat{\theta}$. Dalam bentuk vektor penjumlahan skalar dinyatakan dalam persamaan (Voudon, 1992: 320-321) :

$$\vec{E}(\theta) = [E_0(\theta) + E_1(\theta) + E_2(\theta)] \hat{\theta} \quad (2.43)$$

dengan,

$E_0(\theta)$ = medan radiasi pada antenna dengan *infinite ground plane*

$E_1(\theta)$ dan $E_2(\theta)$ = medan difraksi pada tiap batas *ground plane*

Dengan $E_0(\theta)$ = Pola radiasi pada *H-Plane* antenna mikrostrip dengan *infinite ground plane*, ketika titik P ditempatkan pada jarak r dari antenna, didapatkan (Voudon, 1992: 320-321) :

$$\vec{E}(\theta) = E_0(\theta) \frac{\hat{\theta}}{r} \quad (2.44)$$

Pada $F(\pm \pi/2) = 0$ karena kondisi batas pada medan vertikal dari *infinite ground plane*. Tidak ada difraksi pada orde pertama, tetapi pada orde kedua didapatkan :

— = $\vec{r} \cdot \vec{r}$, dimana pada koordinat silinder r , ϕ dan z :

$$\vec{r} = r \vec{e}_r + r \sin \phi \vec{e}_\phi + z \vec{e}_z$$

Sehingga didapatkan (Voudon, 1992: 320-321) :

$$\frac{\partial}{\partial r} = \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \phi} + \frac{\partial}{\partial z} \quad (2.45)$$

Dari persamaan (2.45) diketahui bahwa medan difraksi berbanding terbalik dengan L . Dianggap nilainya mendekati 0. Kemudian analisis dilanjutkan terhadap komponen (θ) dan (ϕ) . Digunakan koefisien slope difraksi oleh Kouyoumjian dan Pathak (Voudon, 1992: 320-321) :

$$(\theta) = \frac{1}{32} \frac{\sin(\phi/2)}{\cos(\phi/2)} \sqrt{2} \cos(\phi/2) \frac{(\phi)}{\sqrt{-}} \quad (2.46)$$

dengan,

$$r = \frac{(\theta)}{(\phi)}$$

$$\phi = - +$$

$$(\theta) = 2 + 4 -$$

Melalui penyederhanaan-penyederhanaan didapatkan persamaan akhir (Voudon, 1992: 320-321) :

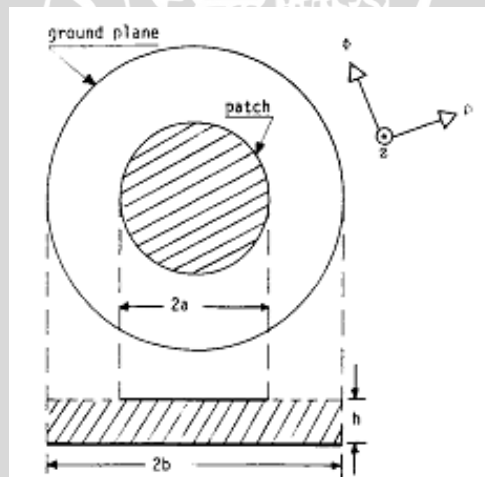
$$(\theta) = \frac{(\phi) \sin \frac{\phi}{2}}{32 \cos \frac{\phi}{2}} \sqrt{2} \cos \frac{\phi}{2} \frac{(\phi)}{2} = \frac{(\phi)}{2} \sqrt{2} \quad (2.47)$$

(θ) didapatkan berupa bentuk yang sama dengan mengganti nilai $\phi = - +$ dengan $\phi = - -$ dan (θ) dengan (ϕ) .

2.8.3 Pengaruh Finite Ground Plane terhadap Kinerja Antena Mikrostrip Circular Patch

Pada penelitian sebelumnya tentang pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antenna mikrostrip, telah didapatkan hasil penelitian sebagai berikut :

- Perubahan ukuran dan bentuk *finite ground plane* tidak memberikan perubahan atau efek signifikan terhadap frekuensi resonansi antenna mikrostrip (C.L. Mak, 2003:15)
- Perubahan ukuran dan luas *finite ground plane* mempengaruhi pola radiasi terutama pada bidang E-Plane dan menurunkan nilai maksimum *gain*. (Joshapat Tetuko 2005:100)
- Pada ukuran *finite ground plane* yang bervariasi, didapatkan kinerja antenna mikrostrip berupa parameter *gain* maksimum pada saat radius *finite ground plane* berukuran $0.6 \lambda_0$. (Arun K. B, 1990:1)
- Radiasi didekat arah *broadside* yang utama ditentukan oleh *patch*. Ukuran dari substrat dan *ground plane* yang terbatas akan mempengaruhi radiasi didekat arah end-fire, dan khususnya daerah di belakang antenna. Hal ini menunjukkan bahwa pola radiasi dari berbagai macam mode tersebut secara dapat dikendalikan oleh *ground plane*. (L. Shafai, 1998:212)



Gambar 2.15 Konfigurasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan *Finite Ground Plane*

Sumber : Arun K. B, 1990:1

Analisis struktur antenna mikrostrip *circular patch* dengan *finite ground plane* dapat dilakukan dengan memperhatikan arus induksi dan daerah medan radiasi yang dihasilkan pada *ground plane* (Arun K.B, 1990:1).

a. Arus Induksi pada Permukaan *Ground Plane*

Finite ground plane memberikan pengaruh terhadap arus induksi *patch*.

Dengan mengabaikan efek ketebalan bahan dielektrik, arus induksi permukaan pada *ground plane* didapatkan dari perhitungan medan dekatnya (*near fields*). Nilai dipengaruhi oleh ekivalensi dari vektor magnetik (*equivalent magnetic*) dan sumber arus (*electric current source*) (Arun K.B, 1990:1) :

$$\vec{H} = (\hat{z} \times \vec{J}) \quad \text{pada} \quad z = h \quad \text{dan} \quad 0 < z < h \quad (2.48)$$

$$\vec{E} = \vec{J} \times \hat{z} \quad \text{pada} \quad z = 0 \quad \text{dan} \quad 0 < z < h \quad (2.49)$$

dengan,

a = jari-jari *patch*,

h = ketebalan substrat dielektrik,

\hat{x} , \hat{y} , dan \hat{z} menyatakan unit vektor pada masing-masing arah,

$E_x(z)$ dan $E_y(z)$ adalah medan listrik pada masing-masing arah (z untuk medan listrik dan H_z untuk medan magnet)

Pada *patch* $z = h$, untuk mode TM_{mn} *circular patch*, nilai medannya diasumsikan dalam bentuk persamaan (Arun K.B, 1990:1) :

$$E_x(z) = \cos \left(\frac{m\pi r}{a} \right) \cos \left(\frac{n\pi z}{h} \right) \quad (2.50)$$

$$E_y(z) = - \cos \left(\frac{m\pi r}{a} \right) \sin \left(\frac{n\pi z}{h} \right) \quad (2.51)$$

dengan,

Y_{mn} = *wall admittance* (medan magnet yang ditimbulkan oleh ekivalen vektor magnetik),

H_{0mn} = nilai maksimum medan pada mode TM_{mn} .

Dalam prakteknya, nilai I_a dianggap sangat kecil sehingga diabaikan. Analisis terhadap arus induksi permukaan ditentukan hanya dari kontribusi vektor magnetiknya. Medan listrik yang timbul dinyatakan sebagai (Arun K.B, 1990:1) :

$$\vec{E} = -\nabla \times \vec{A} \quad (2.52)$$

dengan,

\vec{A} adalah potensial vektor elektrik yang dinyatakan sebagai (Arun K.B, 1990:1) :

$$\vec{A} = \int \int \vec{J} \cdot \frac{1}{r} \cdot dV \quad (2.53)$$

\vec{A} merupakan fungsi dyadic Greens pada udara bebas, dinyatakan sebagai (Arun K.B, 1990:1) :

$$\vec{A}(\vec{r}, t) = \frac{\mu_0}{4\pi R} \vec{J}(\vec{r}', t - R/c) \quad (2.54)$$

dengan,

$I =$ unit dyadic,

$\vec{r} - \vec{r}'$ adalah vektor posisi dari sumber ke titik pengamatan.

Komponen medan magnet didapatkan dari persamaan Maxwell dalam (Arun K.B, 1990:1) :

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (2.55)$$

Dengan menyelesaikan persamaan (2.53) didapatkan pada $z=0$ (Arun K.B, 1990:1) :

$$\begin{aligned} A_{\theta}(\rho, z) = & \frac{-h}{2} \cos \left(\frac{\rho}{a} \right) \cdot [2(1 + \cos(\frac{z}{a})) - \cos(\frac{z}{a})] \\ & \cdot (\cos(\frac{z}{a}) - 1) (\frac{z}{a} - 3 - 3) \end{aligned} \quad (2.56)$$

$$\begin{aligned} A_{\phi}(\rho, z) = & \frac{-h}{2} \cos \left(\frac{\rho}{a} \right) \cdot [2(1 + \cos(\frac{z}{a})) - \sin(\frac{z}{a})] \\ & \cdot (\cos(\frac{z}{a}) - 1) (\frac{z}{a} - 3 - 3) \end{aligned} \quad (2.57)$$

dengan,

$$= \frac{1}{a} + \frac{1}{a} - 2 \cos(\frac{z}{a})$$

Bentuk persamaan (2.55 dan 2.56) secara umum dinyatakan dalam (Arun K.B, 1990:1) :

$$A_{\theta}(\rho, z) = \int \cos \left(\frac{\rho}{a} \right) \quad (2.58)$$

dengan,

$g(x) =$ fungsi periodic dari 2π .

Didapatkan bentuk akhir persamaan arus induksi permukaan pada *finite ground plane* sebagai (Arun K.B, 1990:1) :

$$\vec{J}_s = \hat{n} \times \vec{H} \quad (2.59)$$

dengan komponen $= -\cos(\theta)$ dan $= \sin(\theta)$

b. Medan Radiasi

Total medan radiasi pada antenna dengan *finite ground plane* didapatkan dari penambahan total vector dari tiap-tiap medan yang berkontribusi. Medan jauh (*far field*) yang dihasilkan pada *ground plane* dapat dianalisis dari potensial magnetik vektornya. Total medan elektrik antenna adalah vector penjumlahan dari semua vector sebagai berikut (Arun K. B, 1990:2):

$$E_{\theta} = E_{\theta}^e + E_{\theta}^m \quad \text{dan} \quad E_{\phi} = E_{\phi}^e + E_{\phi}^m \quad (2.60)$$

dengan,

E_{θ}^e dan E_{ϕ}^e : komponen medan elektrik oleh arus pada *finite ground plane*,

E_{θ}^m dan E_{ϕ}^m : komponen medan elektrik oleh *equivalent magnetic current source*,

E_{θ}^e dan E_{ϕ}^e : komponen medan elektrik oleh *equivalent electric current source* ($E_{\phi}^e = 0$).

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

2.9.1 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) = 5.80×10^7 mho m^{-1}
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

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

$$h \leq \frac{0.3c}{2\pi f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.61)$$

dengan :

h = ketebalan substrat (m)

c = kecepatan cahaya (m/s)

f_r = frekuensi kerja (Hz)

ϵ_r = konstanta dielektrik bahan

Substrat ini harus memenuhi syarat untuk digunakan pada rentang frekuensi WLAN pada 2.4 GHz.

2.9.2 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (\text{m}) \quad (2.62)$$

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

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m}) \quad (2.63)$$

dengan:

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

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

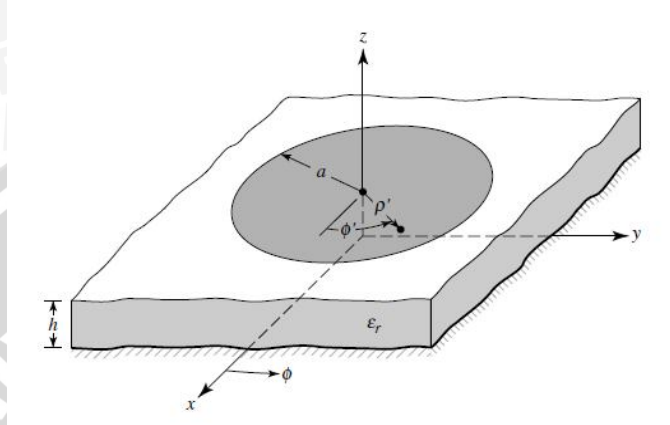
2.9.3 Elemen Peradiasi Antena Mikrostrip Lingkaran

Radius elemen peradiasi circular diperoleh dengan menggunakan rumus: (Balanis,2005: 846)

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2.64)$$

dengan:

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



Gambar 2.16 Antena Mikrostrip Lingkaran
(Sumber: Balanis, 2005: 844)

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

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.65)$$

dengan:

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

2.9.4 Penentuan Impedansi Masukan Elemen Peradiasi (Patch) Lingkaran

Penentuan impedansi masukan elemen peradiasi (Patch) lingkaran ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Richards W.F 1988:75):

$$Z_{in} = 60 \frac{\lambda_d}{d} \quad (2.66)$$

dengan :

- Z_{in} = impedansi masukan elemen peradiasi (Ω)

- λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)
- d = diameter elemen peradiasi (mm)

2.9.5 Impedansi Matching

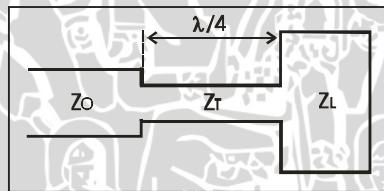
Impedansi masukan tiap elemen peradiasi harus ada kesesuaian dengan impedansi saluran transmisi agar sinyal yang diterima akan maksimum, penyesuaian ini menggunakan impedansi transformer $\lambda_d/4$ dengan persamaan (Ariesty, 2008: 20) :

$$Z_T = \sqrt{Z_o \cdot Z_L} \tag{2.67}$$

dengan:

- Z_T = impedansi transformer (Ω)
- Z_o = impedansi karakteristik saluran transmisi (Ω)
- Z_L = impedansi beban/antena (Ω)

Penggunaan impedansi transformer $\lambda_d/4$ di antara saluran transmisi dimaksudkan agar saluran transmisi yang ada *match* satu dengan yang lain.



Gambar 2.17 Penggunaan transformer untuk *matching* saluran transmisi

Sumber: Balanis, 1997: 730

2.9.6 Dimensi Saluran Transmisi

Lebar saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (Liao, 1987: 140):

$$W_o = \frac{k}{Z_o} x \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \tag{2.68}$$

dengan :

- W_o = lebar saluran transmisi (mm)
- k = impedansi karakteristik ruang bebas ($120\pi \Omega$)
- h = ketebalan substrat (mm)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

ϵ_r = permitivitas dielektrik bahan (F/m)

Untuk panjang saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (Ariestya, 2008: 21):

$$L_0 = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2.69)$$

dengan:

L_0 = panjang saluran transmisi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

Sedangkan untuk mengetahui seberapa dalam saluran transmisi menjorok ke dalam elemen peradiasi (*inset feed*) untuk mendapatkan saluran transmisi yang tersesuaian (*matching*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Ariestya, 2008: 28):

$$y_0 = 0,3d \quad (2.70)$$

dengan :

y_0 = kedalaman saluran transmisi yang menjorok ke dalam elemen peradiasi (mm)

d = diameter elemen peradiasi (mm)

2.9.7 Jarak Antar Elemen

Jarak antar elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan berikut (Johan L, 2002: 24) :

$$r \geq 0,6\lambda_d \quad (2.71)$$

dengan :

r = jarak antar elemen peradiasi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

2.9.8 Perencanaan *Bandwidth* Mikrostrip

Secara teori bandwidth antenna mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Adrisudiro, 1994: 20):

$$BW = 4f^2 \left(\frac{h}{0,79375} \right) \text{ MHz} \quad (2.72)$$

2.9.9 Simulator Antena IE3D™

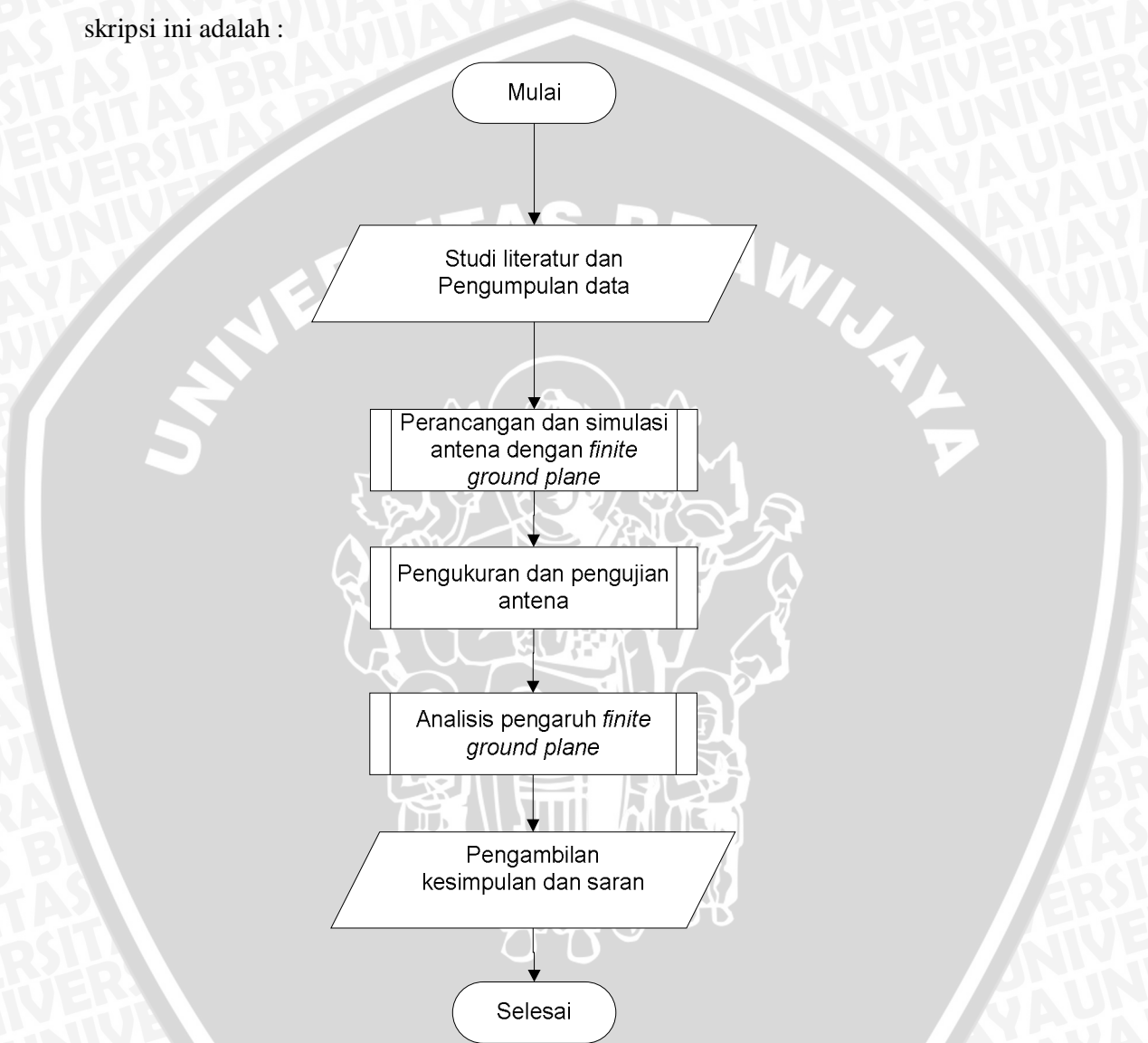
IE3D™ adalah sebuah program simulator 3 dimensi yang telah digunakan dalam simulasi, perencanaan, dan analisis aplikasi elektromagnetik oleh dunia industry atau pun pendidikan. Program ini dapat bekerja dengan akurasi tinggi, cepat, efisien, dan fleksibel dalam membantu *designer* aplikasi dan teknologi elektromagnet. Dengan simulasi RF atau rangkaian gelombang mikro dengan IE3D™, kita dapat merancang, mengamati dan menganalisis parameter antena.



BAB III

METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah kegiatan yang bersifat analisis dan aplikatif, yaitu tentang pengaruh *finite ground plane* pada kinerja antenna mikrostrip *circular patch* dengan frekuensi kerja 2.4 GHz melalui simulasi dan pengukuran hasil fabrikasi. Metodologi yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah :



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

Sumber: Anonim

3.1 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami karakteristik, analisis dan desain antena mikrostrip *circular patch* serta konsep *finite ground plane* pada antena mikrostrip *circular patch* dengan frekuensi kerja 2.4 GHz.

3.2 Pengumpulan Data

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

a. Data primer

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

b. Data sekunder

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

Spesifikasi dari dimensi substrat, yang meliputi :

1. Bahan substrat yang digunakan adalah 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, Simulasi dengan Menggunakan Program IE3D™ dan Pembuatan Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan *Finite Ground Plane*

Perancangan antenna mikrostrip dilakukan secara matematis berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Hasil rancangan kemudian disimulasikan menggunakan software perancangan untuk mengetahui parameter antenna. 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) = 4.6

Ketebalan dielektrik (h) = 0.0016 m = 1.6 mm

Loss tangen ($\tan \delta$) = 0.018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga dan *ground plane* :

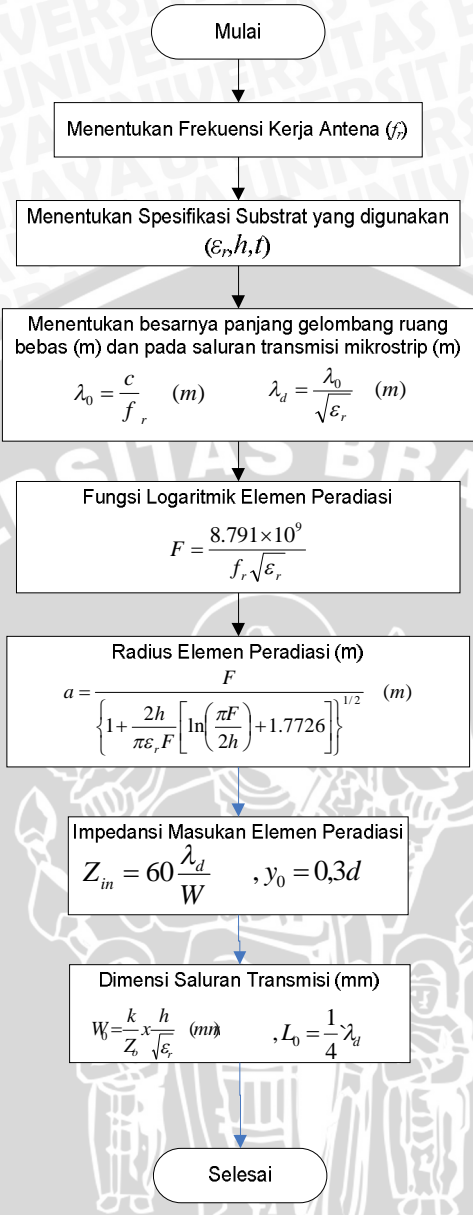
Ketebalan bahan konduktor (t) = 0.0001 m

Konduktifitas tembaga (σ) = 5.80×10^7 mho m^{-1}

Impedansi karakteristik saluran (Z_0) = 50 Ω

Simulasi terhadap antenna mikrostrip *circular patch* meliputi:

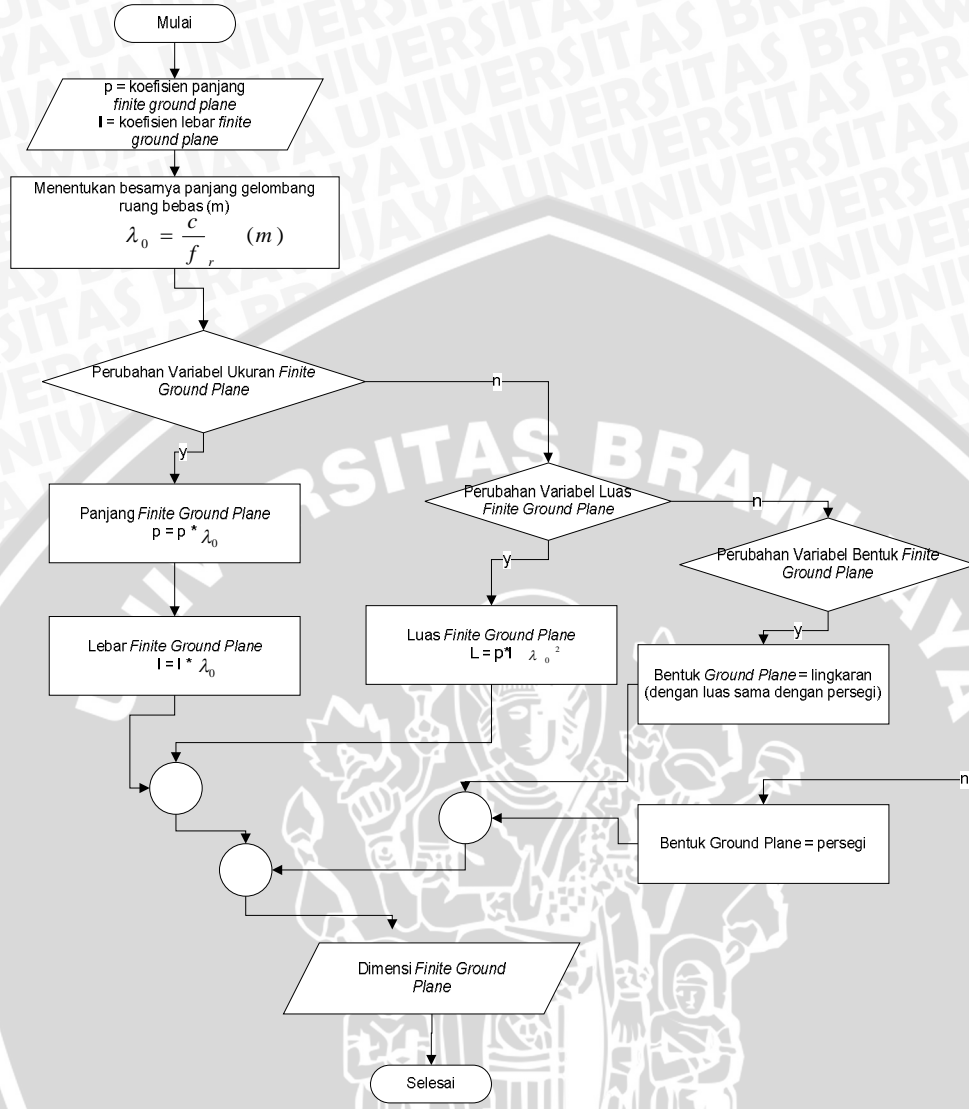
1. Mensimulasikan antenna mikrostrip *circular patch* dengan *infinite ground plane*.
2. Mensimulasikan antenna mikrostrip *circular patch* dengan *finite ground plane* dengan perubahan variabel (dimensi ukuran, luas dan bentuk) *finite ground plane*.



(a)

Gambar 3.2.a Diagram Alir Perhitungan Dimensi Antena *Microstrip*

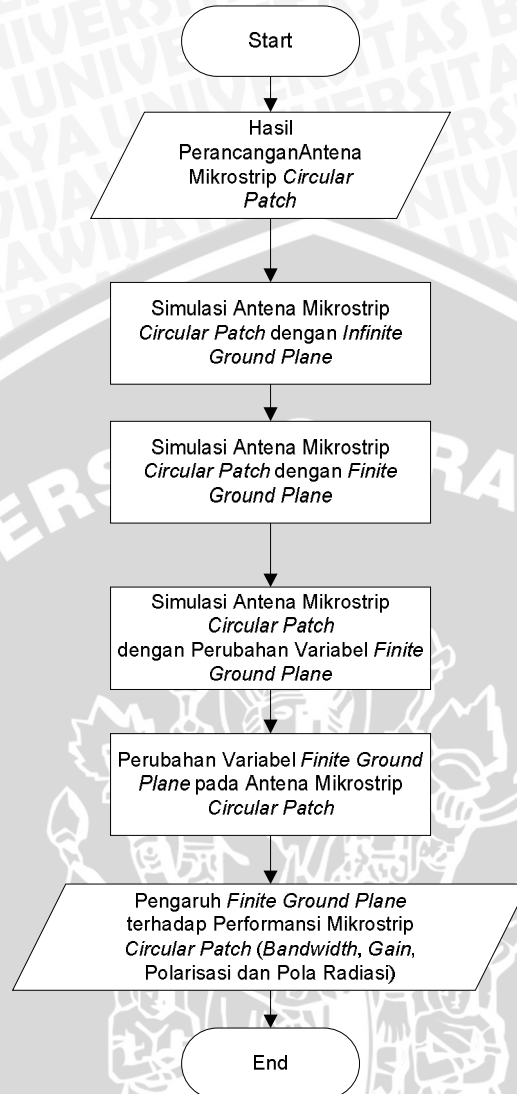
Sumber: Anonim



(b)

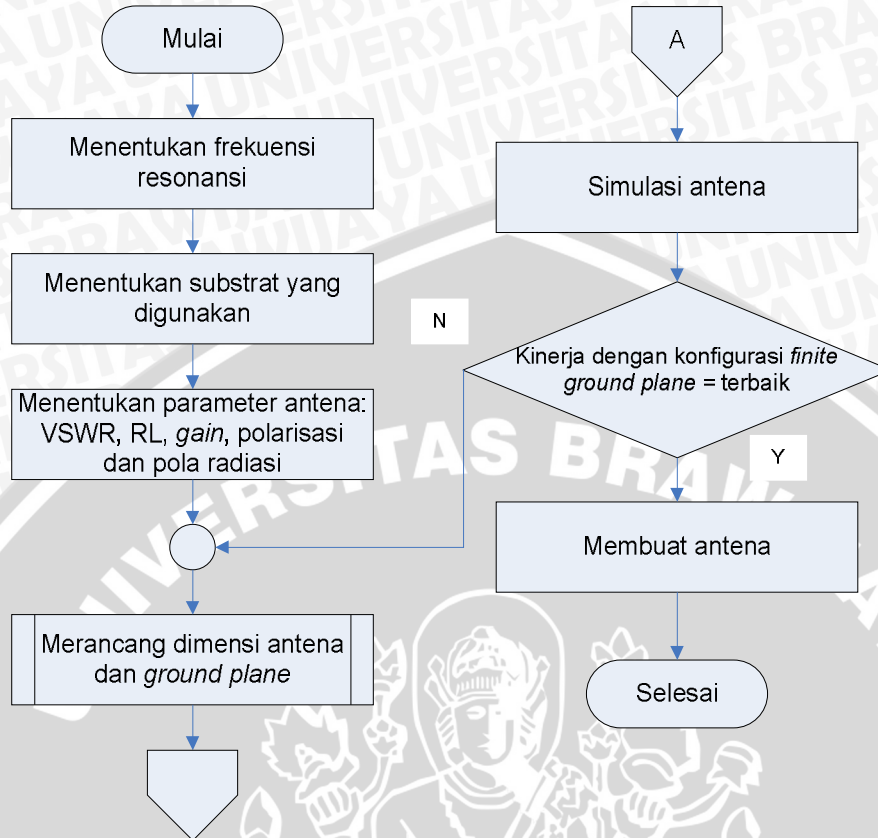
Gambar 3.2.b Diagram Alir Dimensi *Finite Ground Plane*

Sumber: Anonim



Gambar 3.3 Diagram Alir Simulasi Pengaruh *Finite Ground Plane* terhadap Antena Mikrostrip *Circular Patch*

Sumber: Anonim



Gambar 3.4 Diagram alir pembuatan antena

Sumber: Anonim

3.4 Pengujian

Pengujian dilakukan melalui pengukuran terhadap parameter antena berupa *bandwidth*, *gain*, polarisasi dan pola radiasi pada frekuensi kerjanya. Pengukuran terhadap antena yang sudah difabrikasi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja antena yang sebenarnya, menganalisis pengaruh dan aplikasi dari penggunaan *finite ground plane* pada antena mikrostrip *circular patch*. Pengukuran antena meliputi beberapa hal antara lain:

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

Dari hasil pengukuran impedansi dan return loss dapat dihitung nilai VSWR dan koefisien pantul antena. Dari perhitungan VSWR nantinya dapat diketahui rentang frekuensi dari antena sehingga *bandwidth* antena dapat

diketahui. Dalam pengukuran ini alat-alat yang digunakan mempunyai spesifikasi yaitu :

1. *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*
2. *Directional Coupler*
3. Antena uji (Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Slot* Persegi Panjang)
4. Kabel koaksial RG-58A/U
5. Konektor N *Female*

3.4.2 Pengukuran *Gain* Antena

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

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

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

3.4.3 Pengukuran Polarisasi

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

1. *Signal Generator FR M13 200 kHz - 3 GHz Aeroflex.*
2. *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*
3. Satu buah antena standar *dipole sleeve $\lambda/2$*

4. Antena uji (Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Slot* Persegi Panjang)
5. Kabel koaksial RG-58A/U
6. Konektor tipe N *Female*
7. Dua buah tiang penyangga dengan skala sudut putar

3.4.4 Pengukuran Pola Radiasi

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

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

3.5 Analisis Pengaruh *Finite Ground Plane* terhadap Performansi Antena Mikrostrip *Circular Patch*

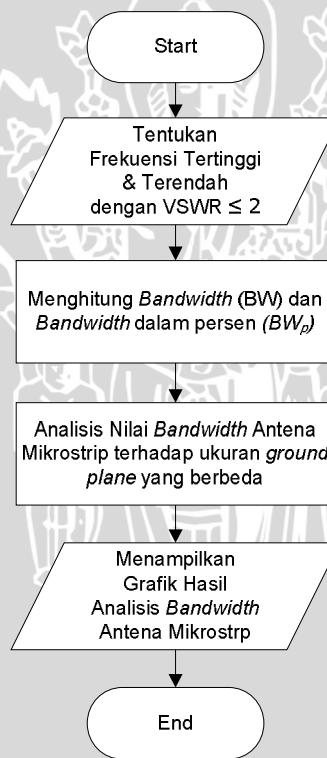
Analisis data hasil simulasi yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch* dengan frekuensi kerja 2.4 GHz. Teknik pengolahan data dengan cara tabulasi, pengamatan karakteristik hasil simulasi, dan perumusan pengaruh *finite ground plane* dengan mengubah variable-variabel pada *ground plane*. Hasil analisis adalah didapatkan pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch* setelah dilakukan berulang kali simulasi. Jangkauan frekuensi yang dipakai dalam pengukuran adalah sebesar 2.25 GHz sampai dengan 2.55 GHz.

Pengaruh dan variabel *finite ground plane* terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch* yang dianalisis adalah sebagai berikut :

- i. Pengaruh ukuran *finite ground plane*, dengan variabel bentuk *ground plane* adalah persegi panjang (rectangular/r) dan variabel panjang (p) atau lebar (l) berubah pada arah tertentu berdasarkan λ_0 .
- ii. Pengaruh luas *finite ground plane*, dengan variabel bentuk *ground plane* adalah persegi (*square/s*) dan variabel L berubah berdasarkan λ_0 .
- iii. Pengaruh bentuk *finite ground plane*, variabel bentuk *ground plane* adalah lingkaran (circle) dengan luas yang sama dengan *ground plane* persegi pada poin ke-2 (konfigurasi 17,18 dan 19) serta bentuk *ground plane* adalah sama dengan elemen peradiasi antenna (konfigurasi 20).

Analisis yang dilakukan difokuskan kepada parameter antenna mikrostrip *circular patch* meliputi :

1. *Bandwidth*



Gambar 3.5 Diagram Alir Perhitungan *Bandwidth* Antena *Microstrip*

Sumber: Anonim

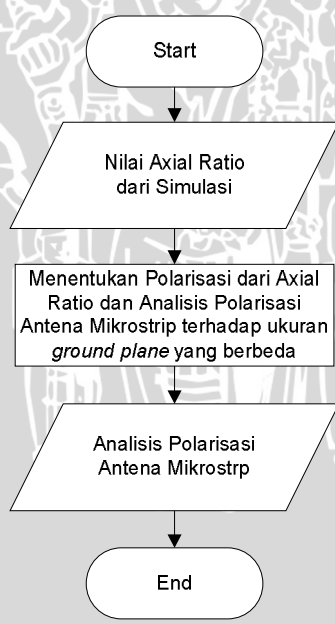
2. *Gain*



Gambar 3.6 Diagram Alir Perhitungan Gain Antena Microstrip

Sumber: Anonim

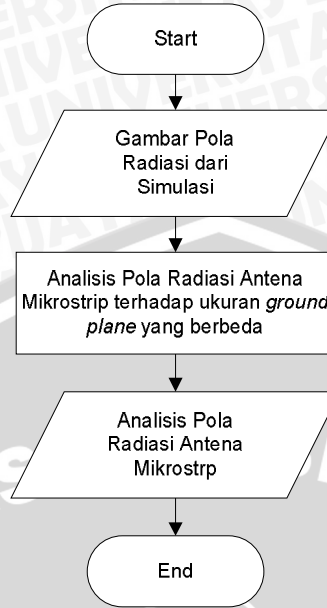
3. Polarisasi



3.7 Diagram Alir Perhitungan Polarisasi Antena Microstrip

Sumber: Anonim

4. Pola radiasi



Gambar 3.8 Diagram Alir Perhitungan Pola Radiasi Antena *Microstrip*

Sumber: Anonim

3.6 Pengambilan Kesimpulan, Dokumentasi, dan Saran

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

PERENCANAAN, SIMULASI DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR PATCH*

4.1 Tinjauan Umum

Antena mikrostrip adalah antena yang dibuat diatas bahan substrat tertentu dengan elemen peradiasi yang terletak di salah satu sisi substrat dan sisi yang lain adalah bidang konduktor yang berfungsi sebagai bidang pentanahan (*ground plane*).

Dalam perancangan antena mikrostrip ini ada beberapa hal yang harus didefinisikan terlebih dahulu. Diantaranya adalah spesifikasi substrat yang akan digunakan. Setelah diketahui spesifikasi substrat, kemudian dilakukan perancangan antena yang meliputi dimensi *patch* dan saluran transmisi. Kemudian dilakukan proses simulasi untuk mengetahui performansi antena dengan *infinite* dan *finite ground plane*. Untuk menganalisis pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch* dilakukan perubahan terhadap variabel-variabel pada *ground plane* sebelum dilakukan pengujian pengukuran antena yang telah difabrikasi.

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 – FR 4

Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5

Ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm

Loss tangent = 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}

Frekuensi kerja (f_r) = 2400 MHz

Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi maka terlebih dahulu harus direncanakan nilai frekuensi kerja (f_r) yaitu 2400 MHz dengan nilai perambatan diruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s. Bahan substrat jenis *epoxy fiber glass*, konstanta permitivitas dielektrik relatif (ϵ_r) sebesar 4,5 dengan ketebalan substrat (h) 1,6 mm, tebal strip konduktor (t) sebesar 0,1 mm. Penentuan nilai parameter-parameter tersebut diperlukan untuk mengetahui batasan maksimum frekuensi kerja pada bahan, menggunakan persamaan (2.61) :

$$h \leq \frac{0.3c}{2\pi f_r \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$1.6 \times 10^{-3} \leq \frac{0.3 \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2\pi f_r \sqrt{4.5}}$$

$$f_r \leq 4.22 \text{ GHz}$$

Jadi frekuensi yang masih dapat dilewatkan dalam substrat *epoxy fiber glass* adalah 4,22 GHz. Sehingga substrat ini memenuhi syarat untuk digunakan pada rentang frekuensi kerja yang direncanakan.

Penentuan dimensi elemen peradiasi dengan menggunakan persamaan (2.62) :

Untuk frekuensi 2400 MHz:

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

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{2400 \times 10^6} = 0,125 \text{ m}$$

Maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan (2.63) :

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

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

Kemudian dihitung besarnya radius (a) elemen peradiasi antenna mikrostrip dengan persamaan (2.64) :

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

Terlebih dahulu dilakukan penghitungan fungsi logaritmik F . Dengan $f_r = 2400$ MHz; $(\epsilon_r) = 4.5$, maka nilai fungsi logaritmik F dapat dihitung dengan persamaan (2.65):

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

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

$$\begin{aligned} a &= \frac{1,7267}{\left\{1 + \frac{2(1,6 \times 10^{-3})}{3,14 \times 4,5 \times 1,7267} \left[\ln \left(\frac{3,14 \times 1,7267}{2(1,6 \times 10^{-3})} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \\ &= 1,725 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi untuk elemen peradiasi pada frekuensi 2400 MHz dimensinya adalah $a = 1,725$ cm.

4.4 Penghitungan Impedansi Masukan Elemen Peradiasi dan Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Sebelum merancang saluran transmisi, terlebih dahulu didefinisikan impedansi masukan elemen peradiasi. Penentuan impedansi masukan elemen peradiasi (*Patch*) lingkaran ditentukan dengan persamaan (2.66):

$$\begin{aligned} Z_{in} &= 60 \frac{\lambda_d}{d} \\ &= 60 \frac{58.9}{34.5} \Omega \\ &= 102.43 \Omega \end{aligned}$$

Agar didapatkan *matching* antara saluran transmisi dengan beban antenna digunakan saluran *transformer*. Dengan nilai impedansi karakteristik saluran 50Ω dan impedansi beban 100Ω , didapatkan impedansi *transformer* sesuai persamaan (2.67) :

$$Z_T = \sqrt{Z_o \cdot Z_L}$$

$$\begin{aligned} Z_T &= \sqrt{50 \times 100} \ \Omega \\ &= 70.71 \ \Omega \approx 70 \ \Omega \end{aligned}$$

Untuk menentukan ukuran lebar dari saluran transmisi, masukan elemen peradiasi, dan transformer menggunakan persamaan (2.68) :

$$w_3 = W_{z_L} = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{h}{Z_L} \right) = \frac{377}{\sqrt{4,5}} \left(\frac{1,6}{50} \right) = 5.687 \text{ mm}$$

$$w_2 = W_{z_T} = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{h}{Z_T} \right) = \frac{377}{\sqrt{4,5}} \left(\frac{1,6}{70} \right) = 4.062 \text{ mm}$$

$$w_1 = W_{z_o} = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{h}{Z_o} \right) = \frac{377}{\sqrt{4,5}} \left(\frac{1,6}{100} \right) = 2.843 \text{ mm}$$

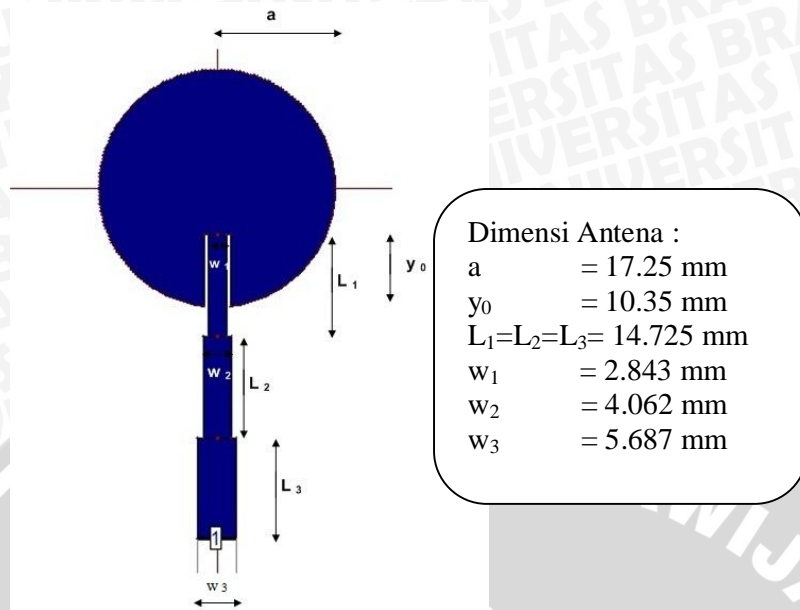
Sedangkan panjang saluran transmisi dihitung dengan persamaan (2.69) :

$$\begin{aligned} L_1 = L_2 = L_3 &= \frac{1}{4} \lambda_d \text{ (m)} \\ &= \frac{1}{4} \cdot 0,0589 = 0,0147 \text{ m} = 14,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Model saluran transmisi yang digunakan dalam perancangan ini adalah model *inset feed*. Desain untuk model *inset feed* didapatkan dengan persamaan (2.70) didapatkan nilai:

$$\begin{aligned} y_0 &= 0,3d \\ &= 1/3 \times 2 \times 1,725 \text{ cm} \\ &= 1,035 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga dimensi elemen peradiasi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Dimensi Elemen Peradiasi Antena Mikrostrip *Circular Patch*

Sumber: Perencanaan

4.5 Perhitungan Rugi – rugi Antena *Microstrip*

Seperti yang telah diuraikan dalam sub – bab sebelumnya, bahwa rugi – rugi yang utama pada antena *microstrip* adalah rugi – rugi dielektrik, rugi – rugi konduktor dan rugi – rugi radiasi. Pada strip konduktor terdapat pelemahan sinyal yang disebabkan oleh adanya resistansi permukaan. Resistansi permukaan pada strip konduktor ada dua macam, yaitu pada sisi permukaan strip elemen peradiasi dan pada sisi bidang pentanahan, sehingga konstanta pelemahan sinyal konduktor adalah merupakan penjumlahan kedua jenis pelemahan di atas.

4.5.1 Perhitungan Rugi – rugi Dielektrik (α_d)

Sifat perambatan gelombang elektromagnetik pada saluran *microstrip* menyebabkan rugi – rugi yang berupa konstanta pelemahan sinyal pada suatu dielektrik. Rugi – rugi ini dipengaruhi oleh adanya sifat konduktivitas dielektrik dan konstanta dielektrik relatif efektif substrat. Besarnya rugi – rugi dielektrik dapat dicari dengan persamaan (2.32) :

$$\alpha_d = 4,34 \frac{\sigma_d}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \left(\frac{\epsilon_{reff} - 1}{\epsilon_r - 1} \right) \sqrt{\frac{\mu_o}{\epsilon_o}} \quad (dB/cm)$$

dengan nilai $\epsilon_r = 4,6$; $\epsilon_{\text{reff}} = 4,263$; $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m; $\epsilon_o = 8,854 \times 10^{-12}$ F/m; $\sigma_d = 5,8 \times 10^{-7}$ mho/m, maka :

$$\begin{aligned}\alpha_d &= 4,34 \frac{5,8 \cdot 10^{-7}}{\sqrt{4,263}} \left(\frac{4,263-1}{4,6-1} \right) \sqrt{\frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{8,854 \cdot 10^{-12}}} \\ &= 12,19158179 \cdot 10^{-7} \left(\frac{3,263}{3,6} \right) \sqrt{1,418567 \cdot 10^5} \\ &= 4,161975847 \cdot 10^{-4} \quad (\text{dB/cm})\end{aligned}$$

4.5.2 Perhitungan Rugi – rugi Konduktor

Pada perencanaan antena ini, dengan konduktor dari bahan tembaga maka, besarnya rugi – rugi konduktor dapat dihitung dengan persamaan (2.33) sebagai berikut :

$$\alpha_c = \frac{8,686}{w \cdot Z_o} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot f \cdot \mu}{\sigma_c}} \quad (\text{dB/cm})$$

dengan $f_r = 2400 \times 10^6$ Hz; $\mu_{\text{tembaga}} = 0,99999981$; $\sigma_{\text{tembaga}} = 6,17 \times 10^7$ mho/m; $Z_o = 50 \Omega$, maka :

$$\begin{aligned}\alpha_c &= \frac{8,686}{3,7351 \cdot 50} \cdot \sqrt{\frac{3,14 \cdot 2,4 \cdot 10^9 \cdot 0,99999981}{6,17 \cdot 10^7}} \\ &= 0,046510133 \cdot 11,05166779 = 0,514014538 \quad (\text{dB/cm})\end{aligned}$$

Dari perhitungan rugi – rugi dielektrik dan rugi – rugi konduktor dapat ditentukan nilai koefisien pelemahan *microstrip* seperti terdapat pada persamaan (2.35) di bawah ini :

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha_d + \alpha_c \quad (\text{dB/cm}) \\ &= 4,161975847 \cdot 10^{-4} + 0,514014538 = 0,514430736 \quad (\text{dB/cm})\end{aligned}$$

Nilai koefisien pelemahan *microstrip* ini akan mempengaruhi penguatan antena perancangan. Semakin besar nilai koefisien pelemahan, maka semakin kecil penguatan antena.

4.5.3 Perhitungan Rugi – rugi Radiasi

Besarnya rugi – rugi radiasi dapat dicari dengan persamaan (2.35) dengan $h = 1,6$ mm; $\lambda_o = 125$ mm; $\epsilon_{\text{reff}} = 4,263$, maka :

$$R_r = 240\pi^2 \left(\frac{1,6}{125} \right)^2 \left[\frac{4,263+1}{4,263} - \frac{4,263-1}{2 \cdot 4,263 \cdot \sqrt{4,263}} \ln \left(\frac{\sqrt{4,263+1}}{\sqrt{4,263-1}} \right) \right]$$

$$= 0,402667066 \text{ dB/cm}$$

4.5.4 Perencanaan *Bandwidth*

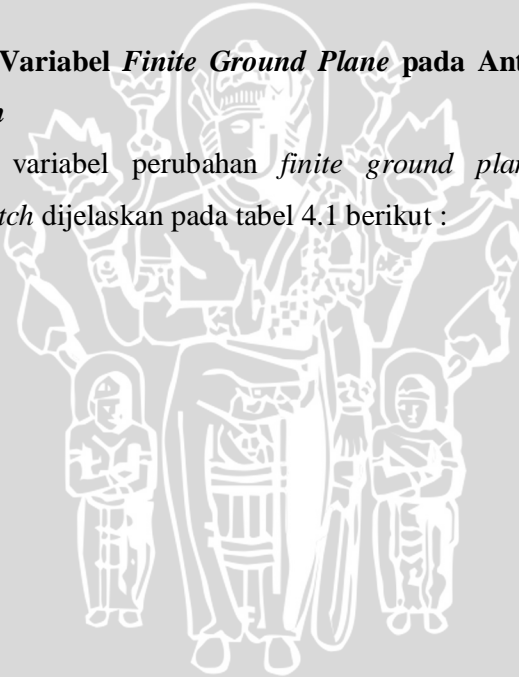
Secara teori bandwidth antena *microstrip* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.72) (dengan $f_r = 2400 \times 10^6$ Hz; $h = 1,6$ mm) :

$$BW = 4f^2 \left(\frac{h}{0,79375} \right) \text{ MHz}$$

$$= 4 \cdot 2,4^2 \left(\frac{1,6}{0,79375} \right) = 46,44283465 \text{ MHz} \approx 46,4 \text{ MHz}$$

4.6 Dimensi dan Variabel *Finite Ground Plane* pada Antena Mikrostrip *Circular Patch*

Dimensi dan variabel perubahan *finite ground plane* pada antena mikrostrip *circular patch* dijelaskan pada tabel 4.1 berikut :



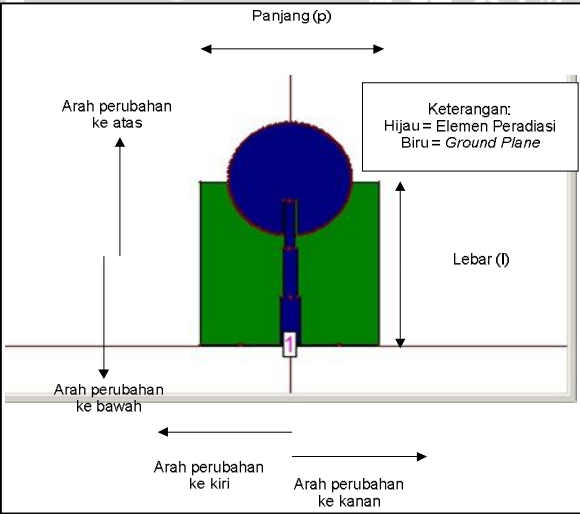
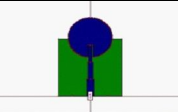
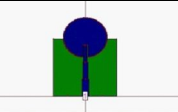
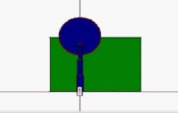
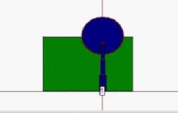
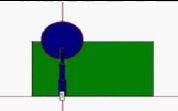
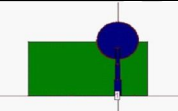
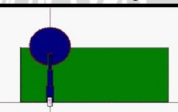
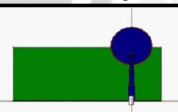
Tabel 4.1 Tabulasi Dimensi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi Finite Ground Plane

No	Analisis	Variabel	Gambar Dimensi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi Finite Ground Plane					
1	Pengaruh Ukuran Finite Ground Plane	bentuk ground plane adalah persegi panjang (rectangular/r) dan Variabel panjang (p) atau lebar (l) berubah pada arah tertentu berdasarkan λ_0 . (nomor gambar)	Panjang tetap, lebar semakin bertambah ke bawah		Panjang tetap, lebar semakin bertambah ke atas			
		<p>Panjang (p)</p> <p>Arah perubahan ke atas</p> <p>Arah perubahan ke bawah</p> <p>Arah perubahan ke kiri</p> <p>Arah perubahan ke kanan</p> <p>Lebar (l)</p> <p>Keterangan: Hijau = Elemen Peradiasi Biru = Ground Plane</p> <p>Gambar 4.2 Variabel 1</p>	Gambar (nomor)	p (λ_0)	l (λ_0)	Gambar (nomor)	p (λ_0)	l (λ_0)
			Gambar 4.3 Konfigurasi 1	0.4	0.4	Gambar 4.7 Konfigurasi 1	0.4	0.4
			Gambar 4.4 Konfigurasi 2	0.4	0.6	Gambar 4.8 Konfigurasi 5	0.4	0.6
			Gambar 4.5 Konfigurasi 3	0.4	0.8	Gambar 4.9 Konfigurasi 6	0.4	0.8
Gambar 4.6 Konfigurasi 4	0.4	1	Gambar 4.10 Konfigurasi 7	0.4	1			

Sumber Tabel dan Gambar : Simulasi

Ket : Ukuran Elemen Peradiasi tetap

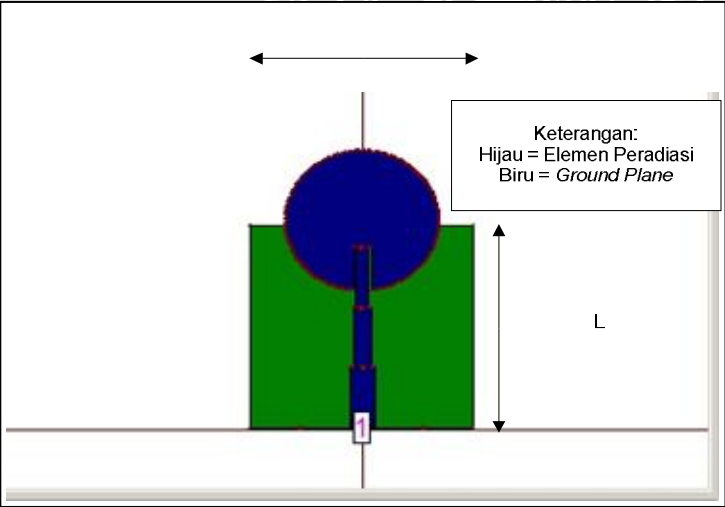
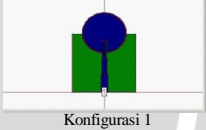
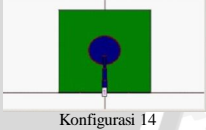
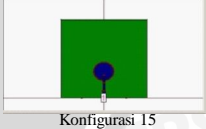
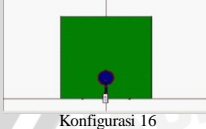
Tabel 4.1 Tabulasi Dimensi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi Finite Ground Plane (lanjutan)

No	Analisis	Variabel	Gambar Dimensi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi Finite Ground Plane					
2	Pengaruh Ukuran Finite Ground Plane	bentuk ground plane adalah persegi panjang (rectangular/r) dan Variabel panjang (p) atau lebar (l) berubah pada arah tertentu berdasarkan λ_0 .	Lebar tetap, panjang semakin bertambah ke kanan			Lebar tetap, panjang semakin bertambah ke kiri		
		 <p style="text-align: center;">Gambar 4.11 Variabel 1</p>	Gambar	p (λ_0)	l (λ_0)	Gambar	p (λ_0)	l (λ_0)
		 <p style="text-align: center;">Gambar 4.12 Konfigurasi 1</p>	0.4	0.4	 <p style="text-align: center;">Gambar 4.16 Konfigurasi 1</p>	0.4	0.4	
		 <p style="text-align: center;">Gambar 4.13 Konfigurasi 8</p>	0.6	0.4	 <p style="text-align: center;">Gambar 4.17 Konfigurasi 11</p>	0.6	0.4	
		 <p style="text-align: center;">Gambar 4.14 Konfigurasi 9</p>	0.8	0.4	 <p style="text-align: center;">Gambar 4.18 Konfigurasi 12</p>	0.8	0.4	
 <p style="text-align: center;">Gambar 4.15 Konfigurasi 10</p>	1	0.4	 <p style="text-align: center;">Gambar 4.19 Konfigurasi 13</p>	1	0.4			

Sumber Tabel dan Gambar : Simulasi

Ket : Ukuran Elemen Peradiasi tetap

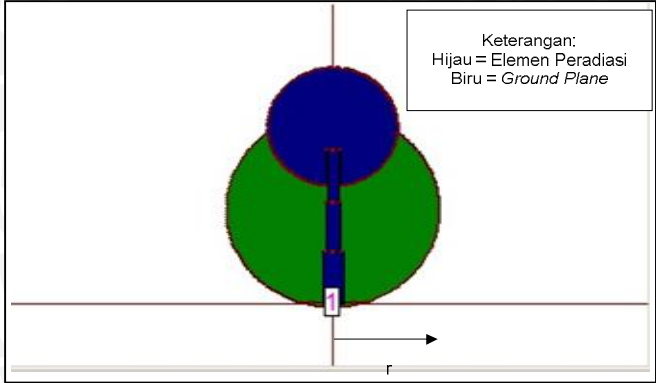
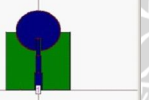
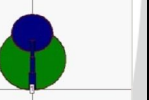
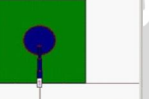
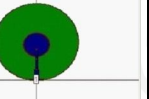
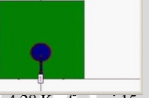
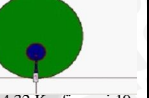

Tabel 4.1 Tabulasi Dimensi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi Finite Ground Plane (lanjutan)

No	Analisis	Variabel	Gambar Dimensi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi Finite	
3	Pengaruh Luas Finite Ground Plane	bentuk ground plane adalah persegi (square/s) dan Variabel sisi (L) berubah berdasarkan λ_0 .	Gambar	Luas (L x L λ_0^2)
		 <p style="text-align: center;">Gambar 4.20 Variabel 2</p>	 <p style="text-align: center;">Konfigurasi 1</p>	0.4 x 0.4
			 <p style="text-align: center;">Konfigurasi 14</p>	0.8 x 0.8
			 <p style="text-align: center;">Konfigurasi 15</p>	1.2 x 1.2
			 <p style="text-align: center;">Konfigurasi 16</p>	1.6 x 1.6

Sumber Tabel dan Gambar : Simulasi

Ket : Ukuran Elemen Peradiasi tetap

Tabel 4.1 Tabulasi Dimensi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi Finite Ground Plane (lanjutan)

No	Analisis	Variabel	Gambar Dimensi Antena Mikrostrip Circular Paecht dengan Konfigurasi Finite Ground Plane			
4	Pengaruh Bentuk Finite Ground Plane	bentuk <i>ground plane</i> adalah lingkaran (<i>circle</i>) dengan luas yang sama dengan <i>ground plane</i> persegi pada poin ke-2 (konfigurasi 17,18 dan 19) serta bentuk <i>ground plane</i> adalah sama dengan elemen peradiasi antena (konfigurasi 20).	Ground Plane Persegi (referensi)		Ground Plane Lingkaran (dengan luas yang sama) dan Ground Plane Berbentuk Sama dengan Elemen Peradiasi	
		 <p>Keterangan: Hijau = Elemen Peradiasi Biru = Ground Plane</p> <p>Gambar 4.25 Variabel 3</p>	Gambar	Luas (L x L λ_0^2)	Gambar	r (mm)
			 Gambar 4.26 Konfigurasi 1	0.4 x 0.4	 Gambar 4.30 Konfigurasi 17	28.216
			 Gambar 4.27 Konfigurasi 14	0.8 x 0.8	 Gambar 4.31 Konfigurasi 18	56.443
			 Gambar 4.28 Konfigurasi 15	1.2 x 1.2	 Gambar 4.32 Konfigurasi 19	112.886
			 Gambar 4.33 Konfigurasi 20	sama dengan elemen peradiasi		

Sumber Tabel dan Gambar : Simulasi

Ket : Ukuran Elemen Peradiasi tetap

4.7 Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan *Infinite* dan *Finite Ground Plane*

Perancangan antena mikrostrip dilakukan secara matematis berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Hasil rancangan kemudian disimulasikan menggunakan program perancangan untuk mengetahui parameter antena. Tahap perancangan dan simulasi antena ini penting untuk melihat kualifikasi dari hasil rancangan apakah sudah sesuai atau belum dengan yang direncanakan sebelum dilakukan fabrikasi serta sebagai pengujian pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch*.

Langkah-langkah perancangan dan simulasi dengan program simulator adalah sebagai berikut (secara detail dilampirkan) :

1. Membuka program simulator IE3D, Mgrid.
2. Menentukan *Basic Parameter*.
3. Membuat dimensi antena dan port serta *ground plane*.
4. Melakukan simulasi pada rentang frekuensi yang diinginkan untuk mendapatkan *current distribution file* dan *radiation pattern file*.
5. Menabulasi parameter hasil simulasi sebelum dilakukan analisis.

Simulasi dilakukan dengan menggunakan program simulator IE3D dan spesifikasi perangkat keras sebagai berikut :

Intel Core i3-380M, 2 GB DDR3 Memory dan Intel HD Graphics.

Spesifikasi perangkat keras dan konfigurasi antena yang disimulasikan mempengaruhi waktu simulasi. Ukuran *ground plane* yang semakin luas menyebabkan waktu simulasi lebih lama. Dari keseluruhan konfigurasi, konfigurasi 19 gagal disimulasikan karena program simulator IE3D mengalami *error*. Riwayat simulasi keseluruhan konfigurasi antena mikrostrip *circular patch* dijelaskan pada tabel 4.2. Tabulasi hasil simulasi dari antena mikrostrip *circular patch* dengan *infinite ground plane* dijelaskan pada tabel 4.3.

Tabel 4.2 Riwayat Simulasi Antena Mikrostrip dengan Program Simulator IE3D

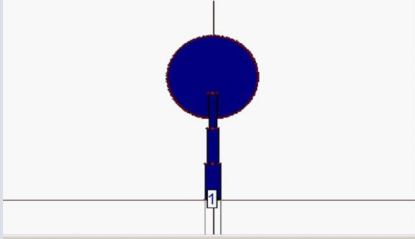
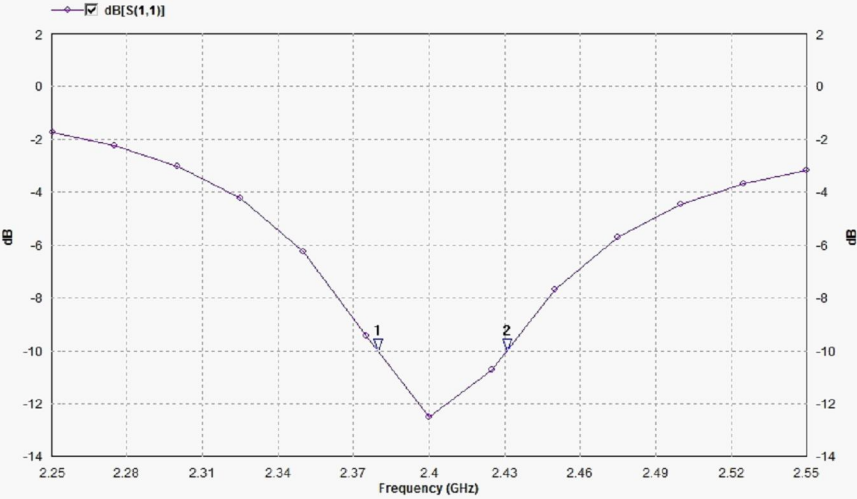
No	Bentuk <i>Ground Plane</i>	Analisis Pengaruh	Waktu Lama Simulasi (detik)	Tabel Tabulasi Hasil Simulasi	Keterangan
1	Konfigurasi Infinite	Kinerja	46	4.3	
2	Konfigurasi 1 (p x l persegi panjang = $0.4 \times 0.4 \lambda_0^2$)	Ukuran	332	5.1	
3	Konfigurasi 2 (p x l persegi panjang = $0.4 \times 0.6 \lambda_0^2$)	Ukuran	365	5.2	Panjang tetap, lebar bertambah ke bawah
4	Konfigurasi 3 (p x l persegi panjang = $0.4 \times 0.8 \lambda_0^2$)	Ukuran	544	5.3	Panjang tetap, lebar bertambah ke bawah
5	Konfigurasi 4 (p x l persegi panjang = $0.4 \times 1 \lambda_0^2$)	Ukuran	675	5.4	Panjang tetap, lebar bertambah ke bawah
6	Konfigurasi 5 (p x l persegi panjang = $0.4 \times 0.6 \lambda_0^2$)	Ukuran	278	5.5	Panjang tetap, lebar bertambah ke atas
7	Konfigurasi 6 (p x l persegi panjang = $0.4 \times 0.8 \lambda_0^2$)	Ukuran	318	5.6	Panjang tetap, lebar bertambah ke atas
8	Konfigurasi 7 (p x l persegi panjang = $0.4 \times 1 \lambda_0^2$)	Ukuran	398	5.7	Panjang tetap, lebar bertambah ke atas
9	Konfigurasi 8 (p x l persegi panjang = $0.6 \times 0.4 \lambda_0^2$)	Ukuran	367	5.8	Lebar tetap, panjang bertambah ke kanan
10	Konfigurasi 9 (p x l persegi panjang = $0.8 \times 0.4 \lambda_0^2$)	Ukuran	343	5.9	Lebar tetap, panjang bertambah ke kanan
11	Konfigurasi 10 (p x l persegi panjang = $1 \times 0.4 \lambda_0^2$)	Ukuran	376	5.10	Lebar tetap, panjang bertambah ke kanan
12	Konfigurasi 11 (p x l persegi panjang = $0.6 \times 0.4 \lambda_0^2$)	Ukuran	356	5.10	Lebar tetap, panjang bertambah ke kiri
13	Konfigurasi 12 (p x l persegi panjang = $0.8 \times 0.4 \lambda_0^2$)	Ukuran	378	5.11	Lebar tetap, panjang bertambah ke kiri
14	Konfigurasi 13 (p x l persegi panjang = $1 \times 0.4 \lambda_0^2$)	Ukuran	466	5.12	Lebar tetap, panjang bertambah ke kiri
15	Konfigurasi 1 (luas persegi = $0.4 \times 0.4 \lambda_0^2$)	Luas	332	5.13	
16	Konfigurasi 14 (luas persegi = $0.8 \times 0.8 \lambda_0^2$)	Luas	544	5.14	
17	Konfigurasi 15 (luas persegi = $1.2 \times 1.2 \lambda_0^2$)	Luas	5338	5.15	
18	Konfigurasi 16 (luas persegi = $1.6 \times 1.6 \lambda_0^2$)	Luas	27856	5.16	
19	Konfigurasi 17 (luas lingkaran = $0.4 \times 0.4 \lambda_0^2$)	Bentuk	34521	5.17	
20	Konfigurasi 18 (luas lingkaran = $0.8 \times 0.8 \lambda_0^2$)	Bentuk	5482	5.18	
21	Konfigurasi 19 (luas lingkaran = $1.2 \times 1.2 \lambda_0^2$)	Bentuk	gagal	-	program error
22	Konfigurasi 20 (sama dengan bentuk elemen peradiasi)	Bentuk	342	5.19	

Sumber : Simulasi

Setelah dilakukan simulasi, program simulator IE3D dapat menampilkan data parameter yang dianalisis yaitu *bandwidth*, *gain*, polarisasi dan pola radiasi. Hasil simulasi yang tertampil pada grafik RL tiap konfigurasi untuk menunjukkan nilai S_{11} dari antena mikrostrip yang disimulasikan. Untuk nilai S_{11} sebuah antena bekerja dengan baik jika nilai $S_{11} < -10$ dB. Dari tiap data hasil simulasi menunjukkan bahwa dari nilai S_{11} didapatkan *bandwidth* berupa range frekuensi antena dengan nilai $S_{11} < -10$ dB (selisih frekuensi f_2 = jangkauan frekuensi atas dengan f_1 = jangkauan frekuensi bawah atau marker 2 dengan marker 1).

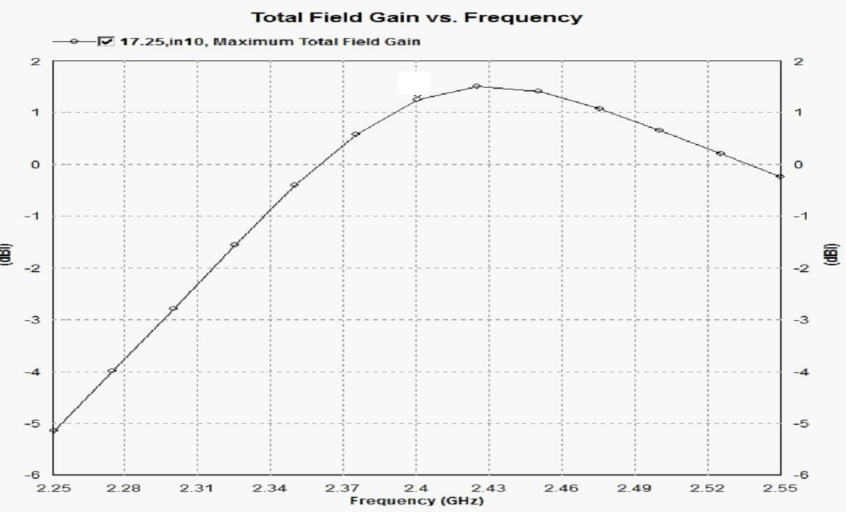
Hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* dengan *infinite ground plane* menunjukkan nilai *bandwidth* sebesar 50 MHz, *gain* pada frekuensi 2.4 GHz sebesar 1.235 dBi, polarisasi mendekati linier dengan nilai *axial ratio* sebesar 59.34 dB dengan RHCP *gain* \approx LHCP *gain* sebesar -1.7 dBi dan pola radiasi berbentuk *unidirectional* dengan nilai *front to back ratio* sebesar 18.93. Kesesuaian impedansi (*matching impedance*) antara antena dengan saluran transmisi ditunjukkan pada gambar 4.36 dimana nilai impedansi masukan antena mendekati 50 Ω . Sedangkan distribusi arus rata-rata ditunjukkan pada gambar 4.37. Dari gambar tersebut warna biru menunjukkan antena tersebut tidak dialiri listrik dan sebaliknya semakin berwarna merah maka distribusi arus terkumpul pada daerah tersebut.

Tabel 4.3 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi *Infinite Ground Plane*

No	Gambar	Tabel 4.3a RL Konfigurasi <i>Infinite</i>	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="275 1084 674 1166">Gambar 4.34 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi <i>Infinite Ground Plane</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>dB[S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-1.745</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-2.244</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-3.014</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-4.246</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-6.266</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-9.453</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-12.51</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-10.73</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-7.705</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-5.71</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-4.483</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-3.708</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-3.2</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	dB[S(1,1)]	1	2.25	-1.745	2	2.275	-2.244	3	2.3	-3.014	4	2.325	-4.246	5	2.35	-6.266	6	2.375	-9.453	7	2.4	-12.51	8	2.425	-10.73	9	2.45	-7.705	10	2.475	-5.71	11	2.5	-4.483	12	2.525	-3.708	13	2.55	-3.2	 <p data-bbox="1045 1109 1644 1141">Grafik 4.1 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i></p>	<p data-bbox="1791 532 1948 557">$f_2 = 2.43 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1791 597 1948 621">$f_1 = 2.38 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1801 914 1938 971">Bandwidth = 50MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	dB[S(1,1)]																																												
1	2.25	-1.745																																												
2	2.275	-2.244																																												
3	2.3	-3.014																																												
4	2.325	-4.246																																												
5	2.35	-6.266																																												
6	2.375	-9.453																																												
7	2.4	-12.51																																												
8	2.425	-10.73																																												
9	2.45	-7.705																																												
10	2.475	-5.71																																												
11	2.5	-4.483																																												
12	2.525	-3.708																																												
13	2.55	-3.2																																												

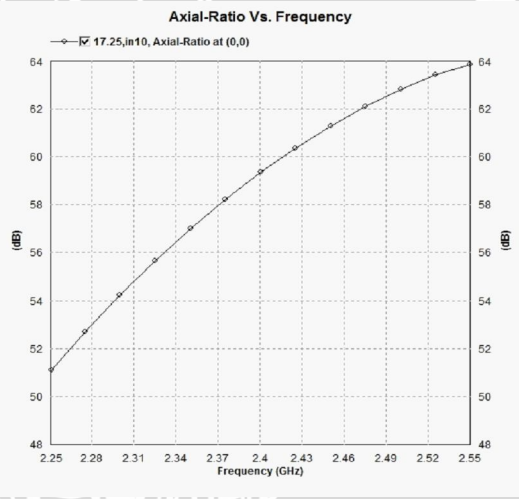
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 4.3 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi *Infinite Ground Plane* (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 4.3b Gain Konfigurasi <i>Infinite</i>	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-5.139</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-3.97</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-2.79</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-1.56</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-0.432</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>0.0575</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>1.235</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>1.491</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>1.39</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>1.064</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>0.652</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-0.238</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-5.139	2	2.275	-3.97	3	2.3	-2.79	4	2.325	-1.56	5	2.35	-0.432	6	2.375	0.0575	7	2.4	1.235	8	2.425	1.491	9	2.45	1.39	10	2.475	1.064	11	2.5	0.652	12	2.525	0.2	13	2.55	-0.238	 <p data-bbox="1039 1128 1648 1161">Grafik 4.2 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i></p>	1.235 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-5.139																																												
2	2.275	-3.97																																												
3	2.3	-2.79																																												
4	2.325	-1.56																																												
5	2.35	-0.432																																												
6	2.375	0.0575																																												
7	2.4	1.235																																												
8	2.425	1.491																																												
9	2.45	1.39																																												
10	2.475	1.064																																												
11	2.5	0.652																																												
12	2.525	0.2																																												
13	2.55	-0.238																																												

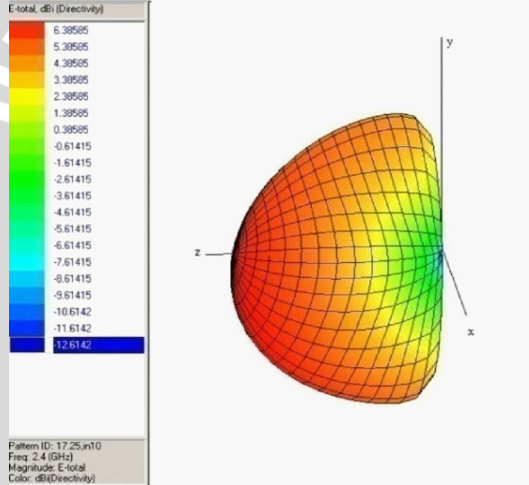
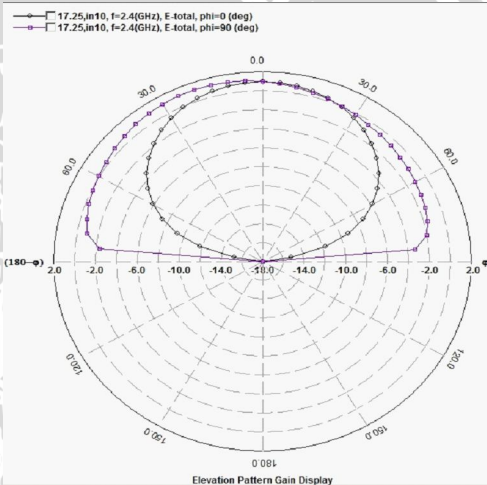
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 4.3 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi *Infinite Ground Plane* (Lanjutan)

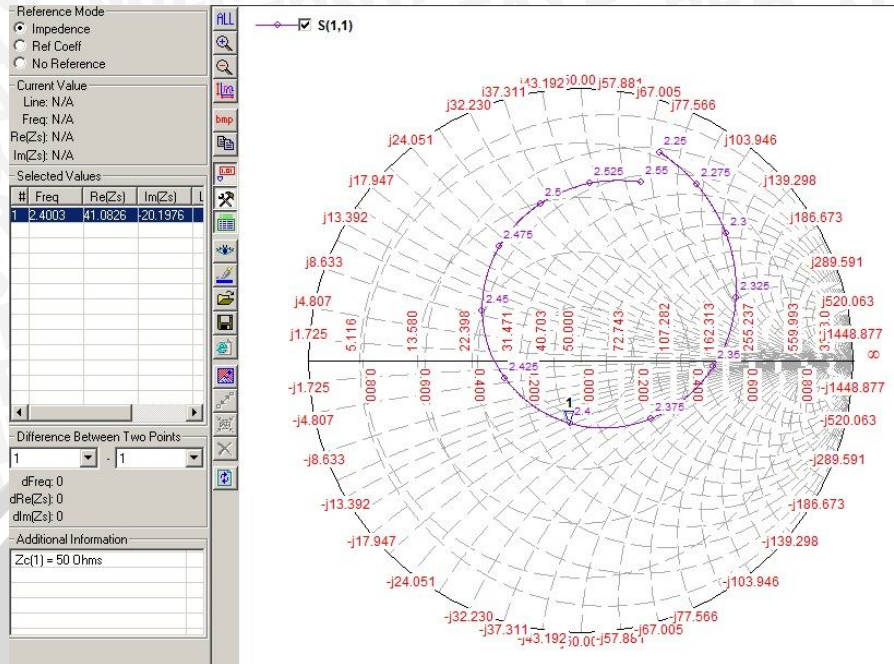
No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz			
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="966 1112 1627 1144">Grafik 4.3 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi <i>Infinite</i></p>	59.34 dB			
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1726 1120 1795 1193">LHCP Gain (dBi)</td> <td data-bbox="1795 1120 1873 1193">RHCP Gain (dBi)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1726 1193 1795 1234">-1.78</td> <td data-bbox="1795 1193 1873 1234">-1.76</td> </tr> </table>				LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-1.78	-1.76
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)						
-1.78	-1.76						

Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

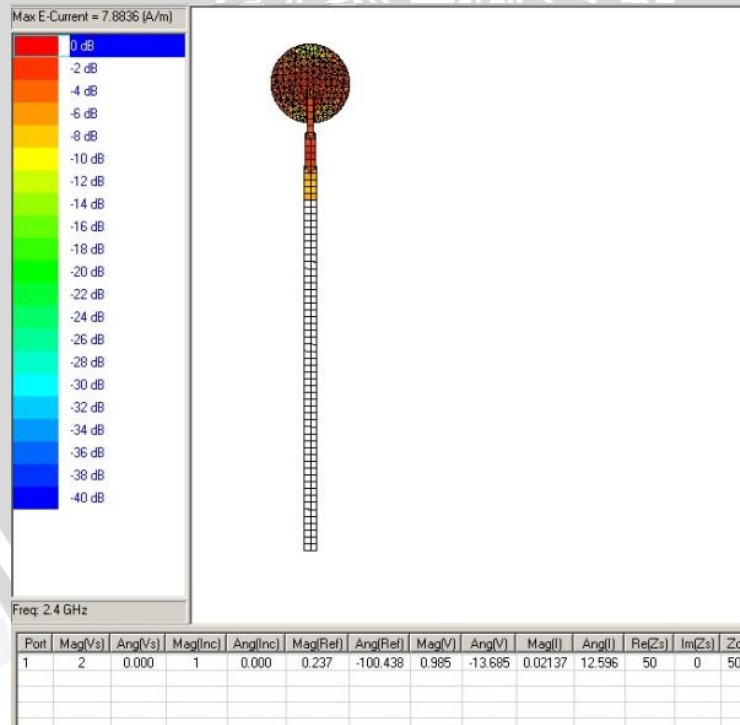
Tabel 4.3 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi *Infinite Ground Plane* (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p data-bbox="682 1063 1701 1112">Gambar 4.35 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi <i>Infinite</i> Grafik 4.4 <i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi <i>Infinite</i></p>	<i>Unidirectional</i>

Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi



Gambar 4.36 Smith Chart
 Sumber : Simulasi



Gambar 4.37 Distribusi Arus
 Sumber : Simulasi

4.8 Pembuatan Antena Mikrostrip *Circular Patch*

4.8.1 Alat – alat dan Bahan yang Digunakan

Bahan dan alat yang digunakan dalam pembuatan antena mikrostrip ini adalah sebagai berikut :

1. *Layout* rancangan dengan *AutoCAD 2008* dicetak di atas kertas kalkir dengan skala 1:1
2. PCB dengan bahan substrat FR4 dengan lapisan konduktornya dari logam tembaga.
3. *Acrylic*
4. Jangka sorong
5. Ulano – 133
6. *Screen T* – 180
7. Amplas *waterproof* CC – Cw
8. Gergaji besi
9. Kikir penghalus
10. Konektor antena N-female
11. Bor dan mata bor dengan diameter 1 mm
12. Solder dan timah
13. Pipa PVC untuk penyangga

4.8.2 Pencetakan Pola Antena Mikrostrip *Circular Patch* Pada Substrat

Pola antena mikrostrip yang akan dicetak di atas PCB terlebih dahulu digambar dengan program Auto CAD 2008, untuk kemudian dicetak di atas kertas kalkir sebagai *sample layout*. Untuk menghasilkan cetakan *layout* yang bagus lebih baik kita gunakan *printer* dengan teknologi laser, supaya ketelitian dari dimensi jalur – jalurnya terjaga. Selain itu hasil *layout* dengan kertas kalkir ini harus terjaga kebersihannya, agar kotoran yang mungkin melekat padanya tidak ikut tercetak pada proses pembuatan antena mikrostrip ini.

Sebelum proses pencetakan, lembaran PCB harus dibersihkan dari debu dan kotoran lainnya yang mungkin melekat pada PCB tersebut. Pembersihan dilakukan dengan menggosokkan kompon atau kit, kemudian dicuci dengan menggunakan deterjen agar tidak ada lagi sisa kotoran yang menempel. Kemudian

screen T – 180 kita bersihkan dengan air sabun hingga benar – benar bersih, lalu kita keringkan. Setelah *screen* kering kita lapisi dengan ulano – 133, pelapisan ini prosesnya dilakukan pada tempat yang tidak terkena cahaya apapun secara langsung (bebas dari sinar *ultraviolet*). Setelah selesai pelapisan tersebut, maka *screen* kita keringkan dengan menggunakan *hairdryer*.

Setelah itu lembar *layout* yang kita buat sebelumnya kita letakkan di atas *screen* yang telah terlapisi ulano – 133 tersebut, untuk selanjutnya kita sinari dengan cahaya matahari ± 1 menit. Kemudian *screen* tersebut kita bawa kembali ke ruang yang tidak terkena sinar secara langsung, untuk proses pembasahan dengan menggunakan air, agar tercetak pola antena mikrostrip pada *screen* tersebut. Selanjutnya *screen* ini dapat digunakan untuk mencetak (menyablom) pola antena mikrostrip yang kita inginkan pada PCB yang kita gunakan.

4.8.3 Etching

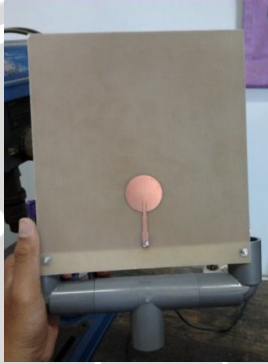
Setelah tercetak pola antena mikrostrip yang kita inginkan, kita lakukan proses selanjutnya, yaitu proses pelarutan PCB dengan menggunakan larutan yang merupakan campuran $HCl + H_2O_2 + H_2O$ dengan perbandingan 1 : 2 : 9 sampai lapisan konduktor yang tidak diinginkan larut dan hanya tersisa gambar pola antena yang kita rencanakan.

Proses selanjutnya yang merupakan proses terakhir adalah pelapisan lapisan konduktor antena mikrostrip dengan menggunakan cairan perak nitrat, yaitu dengan cara mencelupkannya ke dalam cairan perak nitrat dalam waktu ± 15 menit, sampai benar – benar seluruh lapisan konduktor telah terlapisi dengan perak. Setelah itu antena mikrostrip ini kita cuci dan kita bersihkan.

4.8.4 Penyolderan

Tahap berikutnya proses terakhir melakukan penyolderan, yaitu dengan menghubungkan konektor N-female dengan antena mikrostrip yang sudah jadi. Sebelum disolder, dilakukan pengeboran pada PCB di titik catunya. Setelah itu dilakukan pemasangan konektor pada PCB dengan disolder menggunakan timah sebagai perekat.

Setelah melakukan proses-proses pembuatan antenna diatas, selanjutnya antenna mikrostrip siap dilakukan pengukuran pada Laboratorium. Antena hasil fabrikasi selanjutnya akan diuji di Laboratorium Telekomunikasi Politeknik Negeri Malang. Antena hasil fabrikasi dapat dilihat pada Gambar 4.38 dan Gambar 4.39.



Gambar 4.38 Antena Hasil Fabrikasi Tampak Depan

Sumber : Fabrikasi



Gambar 4.39 Antena Hasil Fabrikasi Tampak Belakang

Sumber : Fabrikasi

BAB V

ANALISIS HASIL SIMULASI DAN PENGUJIAN

5.1 Tinjauan Umum

Untuk mengetahui pengaruh *finite ground plane* pada antena mikrostrip *circular patch*, dilakukan analisis terhadap parameter-parameter antena hasil simulasi. Sehingga dapat dilakukan analisis terhadap parameter *bandwidth*, *gain*, polarisasi dan pola radiasi yang terjadi pada antena mikrostrip *circular patch* berdasarkan variabel *finite ground plane* yang tidak tetap.

Dari hasil keseluruhan simulasi konfigurasi antena mikrostrip *circular patch* didapatkan kinerja antena terbaik pada konfigurasi 16. Setelah dilakukan fabrikasi terhadap konfigurasi 16, dilakukan pengukuran dan analisis terhadap parameter-parameter antena hasil pengukuran. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan data-data karakteristik antena yang telah dibuat dan mengetahui pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antena secara aplikatif. Pengukuran yang dilakukan meliputi :

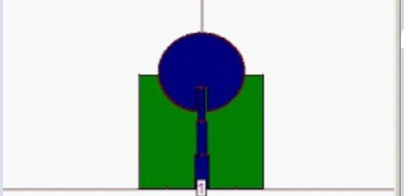
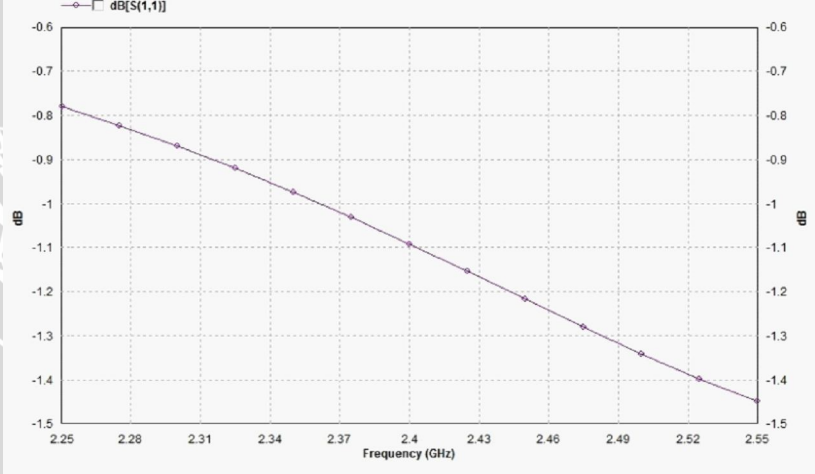
1. Pengukuran *return loss*, perhitungan koefisien pantul dan *VSWR*.
2. Pengukuran *gain*.
3. Pengukuran polarisasi.
4. Pengukuran pola radiasi.

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

5.2 Analisis Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Program Simulator IE3D

Pada bagian ini dilakukan pembahasan dan analisis terhadap hasil simulasi antena mikrostrip *circular patch* dengan berbagai macam konfigurasi *finite ground plane*. Tabulasi keseluruhan simulasi dijelaskan pada tabel 5.1 – 5.19 berikut :

Tabel 5.1 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 1

No	Gambar	Tabel 4.4a RL Konfigurasi 1	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 634 1122">Gambar 5.1 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 1</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.7812</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.824</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.8706</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.921</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-0.9751</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.033</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.093</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.155</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.218</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.28</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.341</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.398</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.449</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-0.7812	2	2.275	-0.824	3	2.3	-0.8706	4	2.325	-0.921	5	2.35	-0.9751	6	2.375	-1.033	7	2.4	-1.093	8	2.425	-1.155	9	2.45	-1.218	10	2.475	-1.28	11	2.5	-1.341	12	2.525	-1.398	13	2.55	-1.449	 <p data-bbox="1045 1079 1554 1112">Grafik 5.1 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 1</p>	<p data-bbox="1732 527 1858 560">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1732 592 1858 625">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1732 893 1879 950">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.7812																																												
2	2.275	-0.824																																												
3	2.3	-0.8706																																												
4	2.325	-0.921																																												
5	2.35	-0.9751																																												
6	2.375	-1.033																																												
7	2.4	-1.093																																												
8	2.425	-1.155																																												
9	2.45	-1.218																																												
10	2.475	-1.28																																												
11	2.5	-1.341																																												
12	2.525	-1.398																																												
13	2.55	-1.449																																												

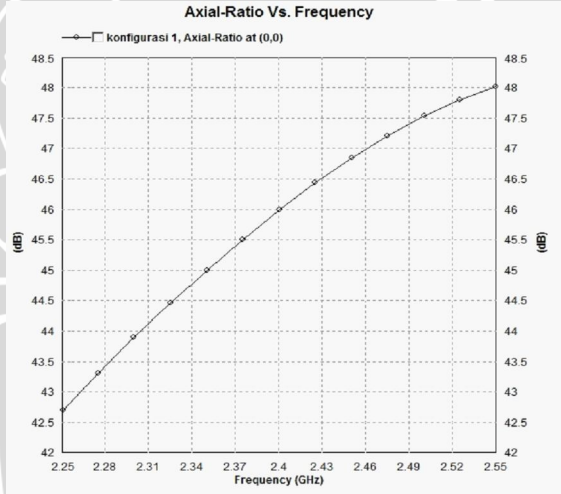
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.1 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 1 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.1b Gain Konfigurasi 1	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-10.364</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-10.141</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-9.916</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-9.693</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-9.467</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-9.253</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-9.03</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-8.844</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.667</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-8.504</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-8.367</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-8.25</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-8.168</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-10.364	2	2.275	-10.141	3	2.3	-9.916	4	2.325	-9.693	5	2.35	-9.467	6	2.375	-9.253	7	2.4	-9.03	8	2.425	-8.844	9	2.45	-8.667	10	2.475	-8.504	11	2.5	-8.367	12	2.525	-8.25	13	2.55	-8.168	<p style="text-align: center;">Grafik 5.2 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 1</p>	-9.03 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-10.364																																												
2	2.275	-10.141																																												
3	2.3	-9.916																																												
4	2.325	-9.693																																												
5	2.35	-9.467																																												
6	2.375	-9.253																																												
7	2.4	-9.03																																												
8	2.425	-8.844																																												
9	2.45	-8.667																																												
10	2.475	-8.504																																												
11	2.5	-8.367																																												
12	2.525	-8.25																																												
13	2.55	-8.168																																												

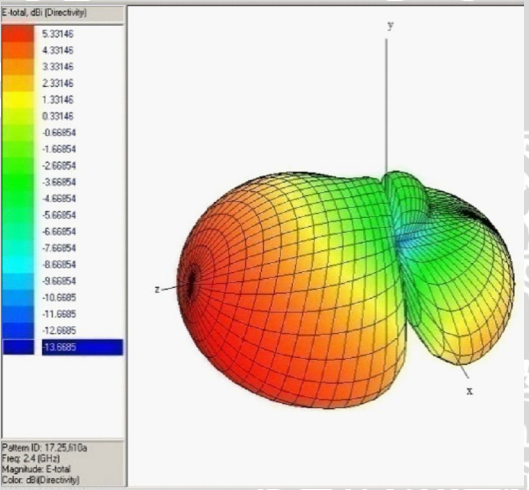
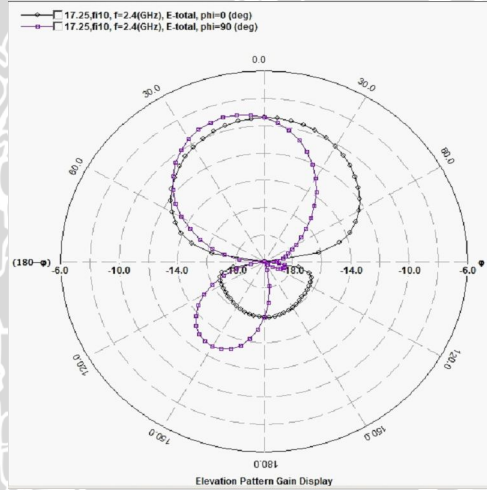
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.1 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 1 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="1003 1112 1602 1144">Grafik 5.3 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 1</p> <table border="1" data-bbox="1717 1112 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-11.69</td> <td>-11.76</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-11.69	-11.76	45.9 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-11.69	-11.76							

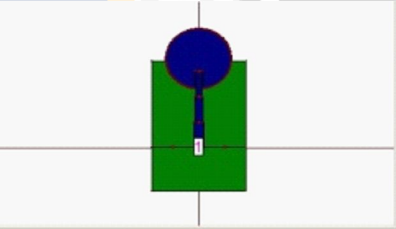
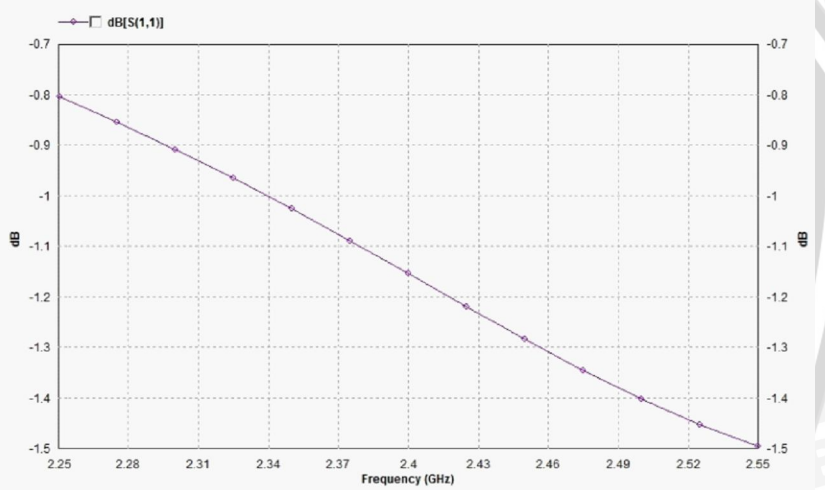
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.1 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 1 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.2 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 1</p> <p>Grafik 5.4 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 1</p>	Unidirectional

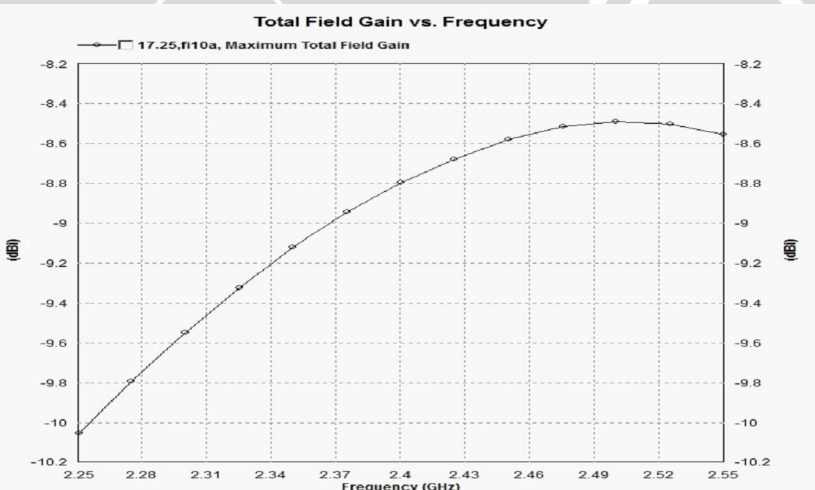
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.2 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 2

No	Gambar	Tabel 5.2a RL Konfigurasi 2	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1122">Gambar 5.3 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 2</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.8042</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.8542</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.908</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.9654</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.026</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.089</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.154</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.219</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.284</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.345</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.402</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.453</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.495</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-0.8042	2	2.275	-0.8542	3	2.3	-0.908	4	2.325	-0.9654	5	2.35	-1.026	6	2.375	-1.089	7	2.4	-1.154	8	2.425	-1.219	9	2.45	-1.284	10	2.475	-1.345	11	2.5	-1.402	12	2.525	-1.453	13	2.55	-1.495	 <p data-bbox="1045 1079 1556 1109">Grafik 5.5 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 2</p>	<p data-bbox="1738 524 1864 553">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1738 589 1864 618">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1728 894 1875 948">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.8042																																												
2	2.275	-0.8542																																												
3	2.3	-0.908																																												
4	2.325	-0.9654																																												
5	2.35	-1.026																																												
6	2.375	-1.089																																												
7	2.4	-1.154																																												
8	2.425	-1.219																																												
9	2.45	-1.284																																												
10	2.475	-1.345																																												
11	2.5	-1.402																																												
12	2.525	-1.453																																												
13	2.55	-1.495																																												

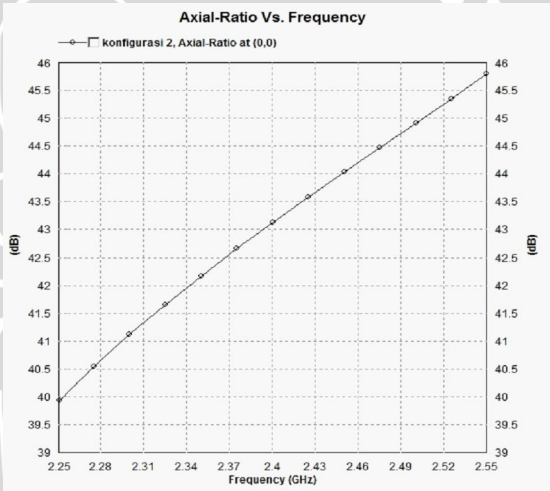
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.2 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 2 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.2b Gain Konfigurasi 2	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-10.052</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-9.796</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-9.551</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-9.325</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-9.131</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.944</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-8.802</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-8.683</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.585</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-8.52</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-8.493</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-8.506</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-8.557</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-10.052	2	2.275	-9.796	3	2.3	-9.551	4	2.325	-9.325	5	2.35	-9.131	6	2.375	-8.944	7	2.4	-8.802	8	2.425	-8.683	9	2.45	-8.585	10	2.475	-8.52	11	2.5	-8.493	12	2.525	-8.506	13	2.55	-8.557	 <p data-bbox="1039 1096 1564 1128">Grafik 5.6 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 2</p>	-8.802 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-10.052																																												
2	2.275	-9.796																																												
3	2.3	-9.551																																												
4	2.325	-9.325																																												
5	2.35	-9.131																																												
6	2.375	-8.944																																												
7	2.4	-8.802																																												
8	2.425	-8.683																																												
9	2.45	-8.585																																												
10	2.475	-8.52																																												
11	2.5	-8.493																																												
12	2.525	-8.506																																												
13	2.55	-8.557																																												

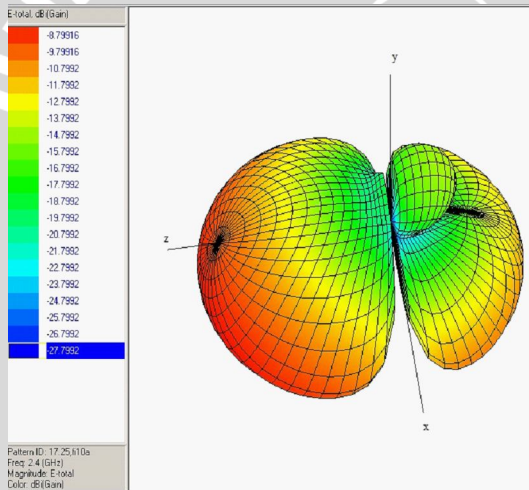
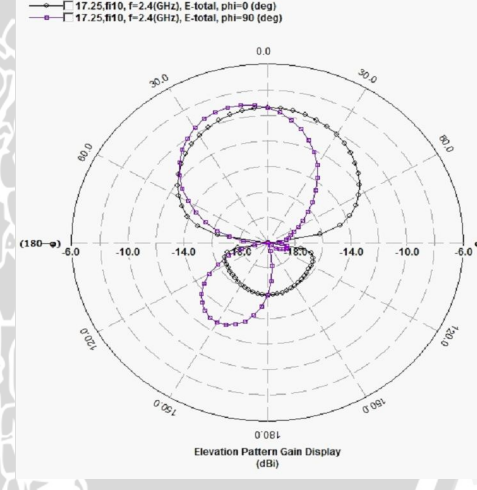
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.2 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 2 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="1003 1112 1600 1144">Grafik 5.7 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 2</p> <table border="1" data-bbox="1719 1112 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-10.15</td> <td>-11</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-10.15	-11	43.12 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-10.15	-11							

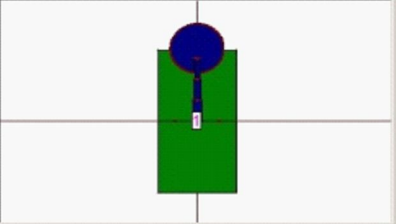
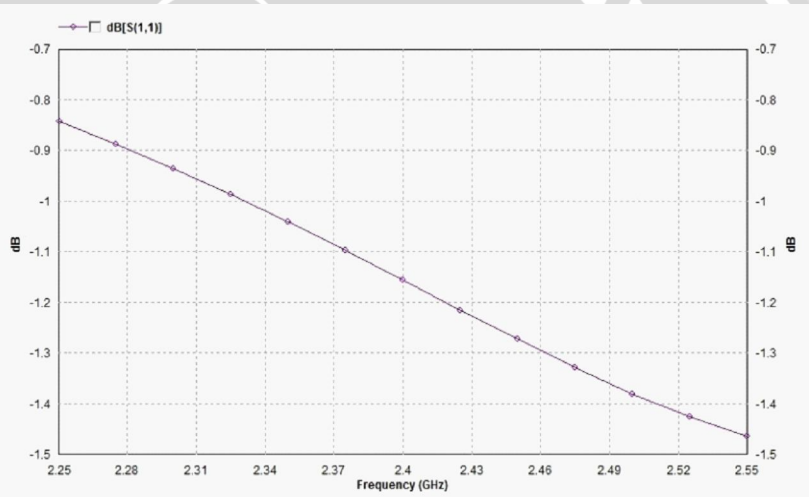
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.2 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 2 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.4 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 2 Grafik 5.8 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 2</p>	Unidirectional

Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.3 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 3

No	Gambar	Tabel 5.3a RL Konfigurasi 3	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1122">Gambar 5.5 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 3</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.8425</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.8874</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.9356</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.987</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.041</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.098</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.156</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.215</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.273</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.328</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.38</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.426</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.464</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-0.8425	2	2.275	-0.8874	3	2.3	-0.9356	4	2.325	-0.987	5	2.35	-1.041	6	2.375	-1.098	7	2.4	-1.156	8	2.425	-1.215	9	2.45	-1.273	10	2.475	-1.328	11	2.5	-1.38	12	2.525	-1.426	13	2.55	-1.464	 <p data-bbox="1045 1078 1556 1109">Grafik 5.9 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 3</p>	<p data-bbox="1738 521 1864 548">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1738 586 1864 613">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1730 889 1873 948">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.8425																																												
2	2.275	-0.8874																																												
3	2.3	-0.9356																																												
4	2.325	-0.987																																												
5	2.35	-1.041																																												
6	2.375	-1.098																																												
7	2.4	-1.156																																												
8	2.425	-1.215																																												
9	2.45	-1.273																																												
10	2.475	-1.328																																												
11	2.5	-1.38																																												
12	2.525	-1.426																																												
13	2.55	-1.464																																												

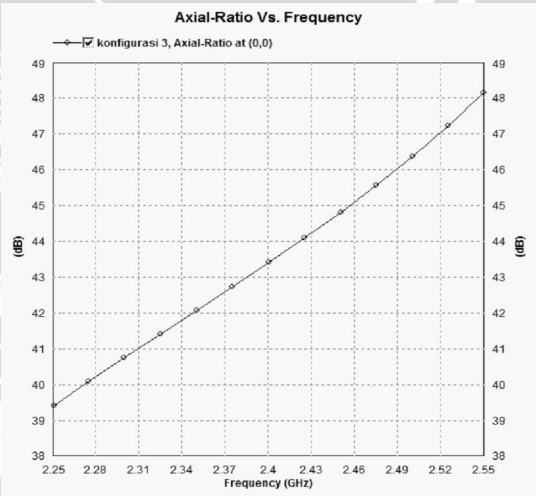
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.3 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 3 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.3b Gain Konfigurasi 3	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-10.473</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-10.452</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-10.434</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-10.417</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-10.406</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-10.4</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-10.137</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-9.809</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-9.251</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-9.266</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-9.039</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-8.849</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-8.705</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-10.473	2	2.275	-10.452	3	2.3	-10.434	4	2.325	-10.417	5	2.35	-10.406	6	2.375	-10.4	7	2.4	-10.137	8	2.425	-9.809	9	2.45	-9.251	10	2.475	-9.266	11	2.5	-9.039	12	2.525	-8.849	13	2.55	-8.705	<p style="text-align: center;">Total Field Gain vs. Frequency</p> <p style="text-align: center;">—○— 17.25, f110a', Maximum Total Field Gain</p> <p style="text-align: center;">Grafik 5.10 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 3</p>	-10.137 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-10.473																																												
2	2.275	-10.452																																												
3	2.3	-10.434																																												
4	2.325	-10.417																																												
5	2.35	-10.406																																												
6	2.375	-10.4																																												
7	2.4	-10.137																																												
8	2.425	-9.809																																												
9	2.45	-9.251																																												
10	2.475	-9.266																																												
11	2.5	-9.039																																												
12	2.525	-8.849																																												
13	2.55	-8.705																																												

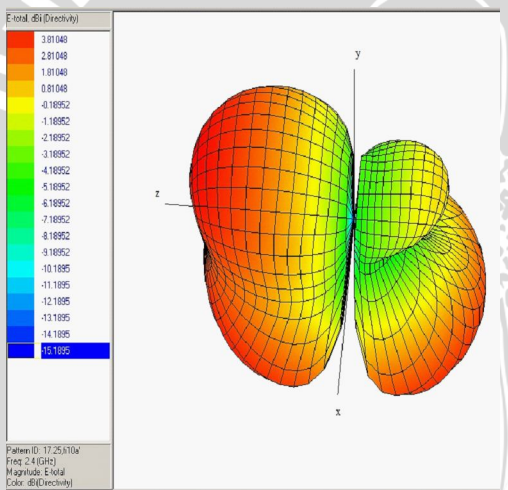
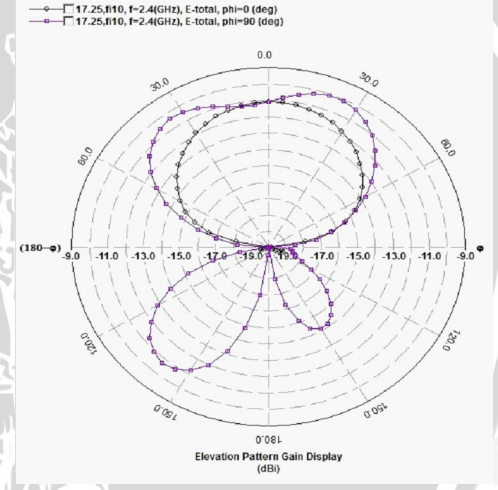
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.3 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 3 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p>Grafik 5.11 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 3</p> <table border="1" data-bbox="1719 1112 1881 1240"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-11.72</td> <td>-11.84</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-11.72	-11.84	43.41 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-11.72	-11.84							

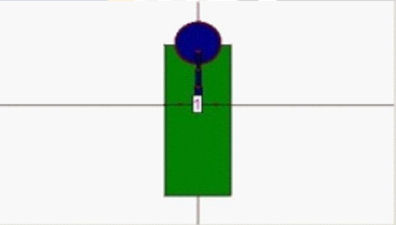
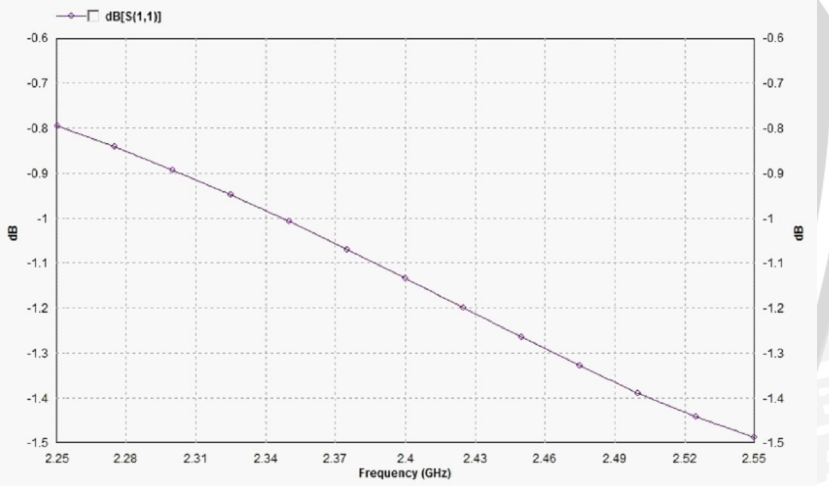
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.3 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 3 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.6 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 3 Grafik 5.12 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 3</p>	Unidirectional

Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 4

No	Gambar	Tabel 5.4a <i>RL</i> Konfigurasi 4	Grafik <i>RL</i>	<i>Bandwidth</i> $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1122 640 1174">Gambar 5.7 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 4</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th><i>RL</i> [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.7955</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.8424</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.8935</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.9487</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.008</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.07</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.134</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.2</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.266</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.329</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.389</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.442</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.487</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	<i>RL</i> [S(1,1)]	1	2.25	-0.7955	2	2.275	-0.8424	3	2.3	-0.8935	4	2.325	-0.9487	5	2.35	-1.008	6	2.375	-1.07	7	2.4	-1.134	8	2.425	-1.2	9	2.45	-1.266	10	2.475	-1.329	11	2.5	-1.389	12	2.525	-1.442	13	2.55	-1.487	 <p data-bbox="1037 1133 1562 1161">Grafik 5.13 <i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 4</p>	$f_2 = 0 \text{ GHz}$ $f_1 = 0 \text{ GHz}$ <i>Bandwidth</i> = 0 MHz
No	Frekuensi (GHz)	<i>RL</i> [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.7955																																												
2	2.275	-0.8424																																												
3	2.3	-0.8935																																												
4	2.325	-0.9487																																												
5	2.35	-1.008																																												
6	2.375	-1.07																																												
7	2.4	-1.134																																												
8	2.425	-1.2																																												
9	2.45	-1.266																																												
10	2.475	-1.329																																												
11	2.5	-1.389																																												
12	2.525	-1.442																																												
13	2.55	-1.487																																												

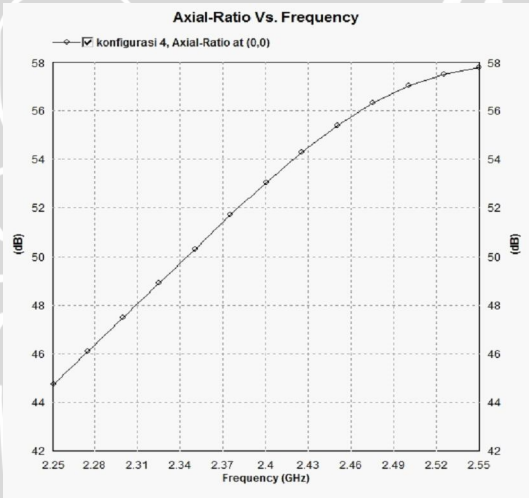
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 4 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.4b Gain Konfigurasi 4	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-11.483</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-11.316</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-10.933</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-10.535</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-10.164</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-9.713</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-9.283</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-8.876</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.498</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-8.156</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-7.826</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-7.518</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-7.268</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-11.483	2	2.275	-11.316	3	2.3	-10.933	4	2.325	-10.535	5	2.35	-10.164	6	2.375	-9.713	7	2.4	-9.283	8	2.425	-8.876	9	2.45	-8.498	10	2.475	-8.156	11	2.5	-7.826	12	2.525	-7.518	13	2.55	-7.268	<p style="text-align: center;">Total Field Gain vs. Frequency</p> <p style="text-align: center;">—○—□— 17.25.f110a, Maximum Total Field Gain</p> <p style="text-align: center;">Grafik 5.14 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 4</p>	-9.283 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-11.483																																												
2	2.275	-11.316																																												
3	2.3	-10.933																																												
4	2.325	-10.535																																												
5	2.35	-10.164																																												
6	2.375	-9.713																																												
7	2.4	-9.283																																												
8	2.425	-8.876																																												
9	2.45	-8.498																																												
10	2.475	-8.156																																												
11	2.5	-7.826																																												
12	2.525	-7.518																																												
13	2.55	-7.268																																												

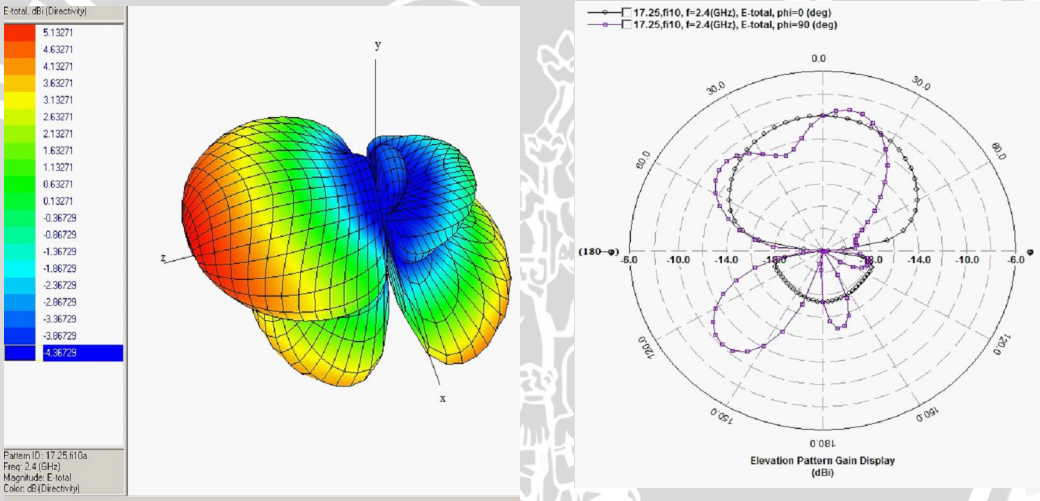
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 4 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p>Grafik 5.15 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 4</p> <table border="1" data-bbox="1719 1117 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-11.41</td> <td>-11.53</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-11.41	-11.53	53.04 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-11.41	-11.53							

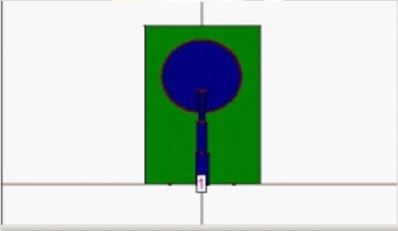
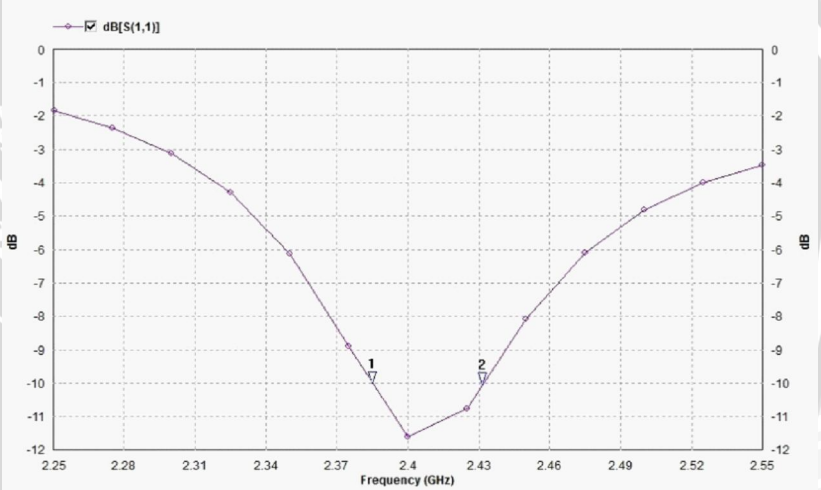
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.4 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 4 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		 <p>Gambar 5.8 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 4 Grafik 4.16 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 4</p>	Unidirectional

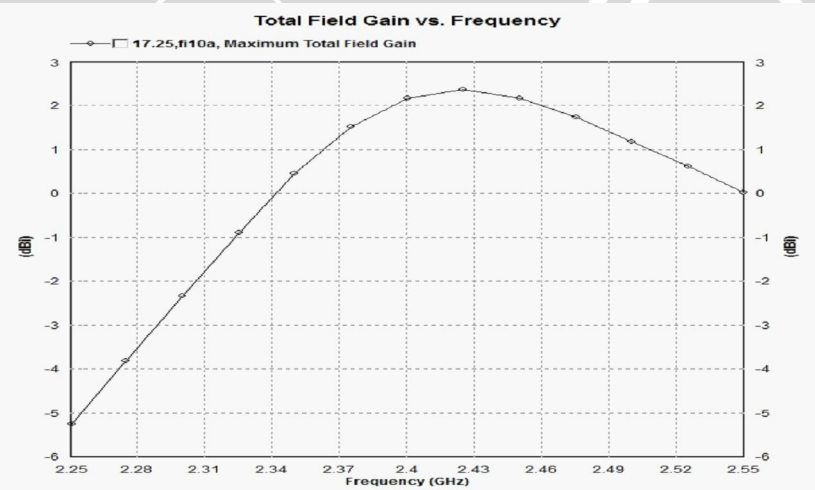
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.5 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 5

No	Gambar	Tabel 5.5a RL Konfigurasi 5	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 634 1122">Gambar 5.9 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 5</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-1.861</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-2.365</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-3.122</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-4.294</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-6.138</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.897</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-11.62</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-10.75</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.092</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-6.105</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-4.83</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-4.011</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-3.47</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-1.861	2	2.275	-2.365	3	2.3	-3.122	4	2.325	-4.294	5	2.35	-6.138	6	2.375	-8.897	7	2.4	-11.62	8	2.425	-10.75	9	2.45	-8.092	10	2.475	-6.105	11	2.5	-4.83	12	2.525	-4.011	13	2.55	-3.47	 <p data-bbox="1037 1078 1562 1105">Grafik 5.17 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 5</p>	<p data-bbox="1717 521 1881 548">$f_2 = 2.432 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1717 586 1881 613">$f_1 = 2.384 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1717 889 1881 943">Bandwidth = 48 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-1.861																																												
2	2.275	-2.365																																												
3	2.3	-3.122																																												
4	2.325	-4.294																																												
5	2.35	-6.138																																												
6	2.375	-8.897																																												
7	2.4	-11.62																																												
8	2.425	-10.75																																												
9	2.45	-8.092																																												
10	2.475	-6.105																																												
11	2.5	-4.83																																												
12	2.525	-4.011																																												
13	2.55	-3.47																																												

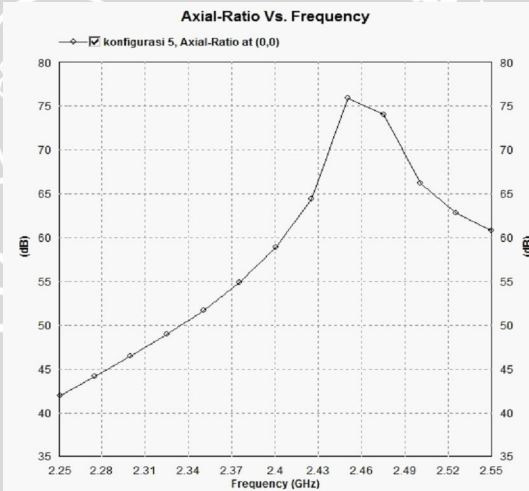
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.5 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 5 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.5b Gain Konfigurasi 5	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-5.22</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-3.798</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-2.351</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.888</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>0.427</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>1.52</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>2.124</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>2.124</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>2.353</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>2.172</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>1.176</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>0.611</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>0.042</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-5.22	2	2.275	-3.798	3	2.3	-2.351	4	2.325	-0.888	5	2.35	0.427	6	2.375	1.52	7	2.4	2.124	8	2.425	2.124	9	2.45	2.353	10	2.475	2.172	11	2.5	1.176	12	2.525	0.611	13	2.55	0.042	 <p data-bbox="1029 1088 1575 1128">Grafik 5.18 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 5</p>	2.124 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-5.22																																												
2	2.275	-3.798																																												
3	2.3	-2.351																																												
4	2.325	-0.888																																												
5	2.35	0.427																																												
6	2.375	1.52																																												
7	2.4	2.124																																												
8	2.425	2.124																																												
9	2.45	2.353																																												
10	2.475	2.172																																												
11	2.5	1.176																																												
12	2.525	0.611																																												
13	2.55	0.042																																												

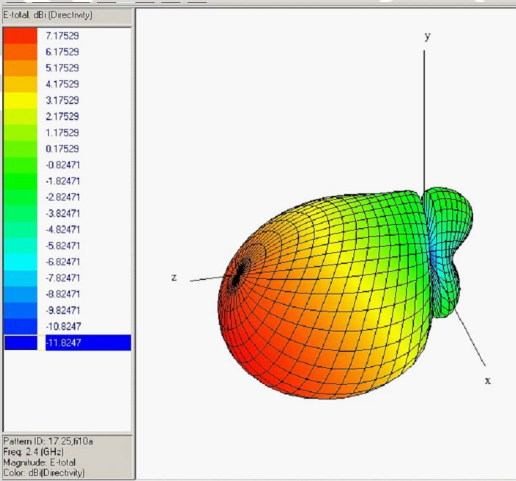
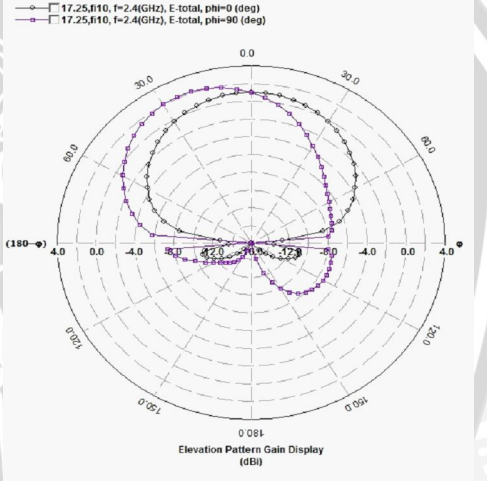
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.5 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 5 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="997 1112 1606 1144">Grafik 5.19 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 5</p> <table border="1" data-bbox="1719 1112 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-0.82</td> <td>-0.8</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-0.82	-0.8	58.82 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-0.82	-0.8							

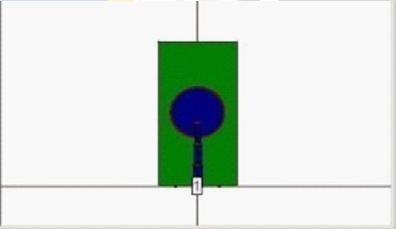
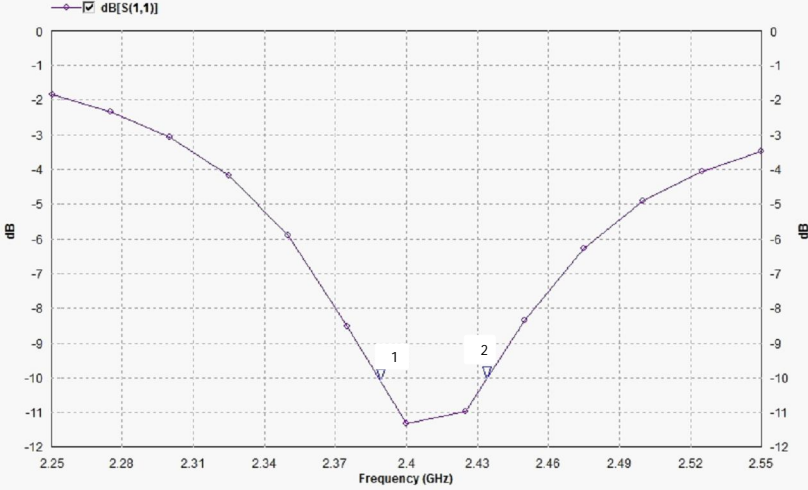
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.5 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 5 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.10 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 5 Grafik 5.20 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 5</p>	Unidirectional

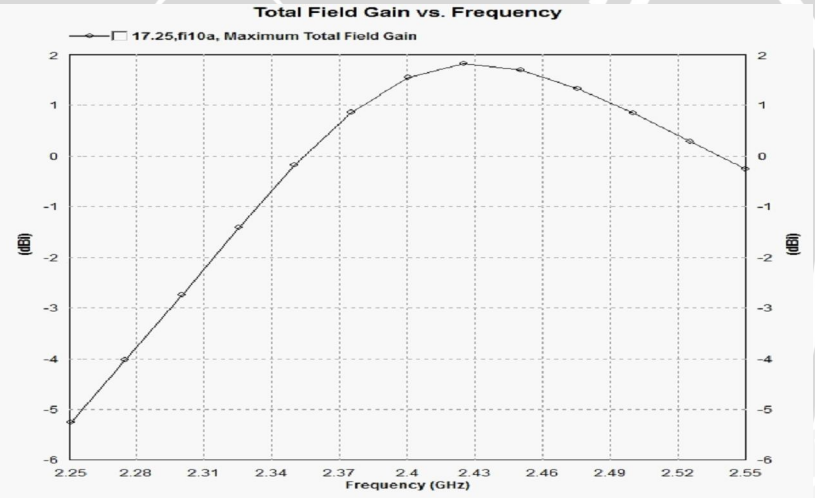
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.6 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 6

No	Gambar	Tabel 5.6a RL Konfigurasi 6	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1123">Gambar 5.11 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 6</p>	<table border="1" data-bbox="678 573 871 1047"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-1.854</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-2.34</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-3.062</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-4.17</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-5.902</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.511</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-11.33</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-10.96</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.344</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-6.266</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-4.919</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-4.055</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-3.487</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-1.854	2	2.275	-2.34	3	2.3	-3.062	4	2.325	-4.17	5	2.35	-5.902	6	2.375	-8.511	7	2.4	-11.33	8	2.425	-10.96	9	2.45	-8.344	10	2.475	-6.266	11	2.5	-4.919	12	2.525	-4.055	13	2.55	-3.487	 <p data-bbox="1039 1079 1564 1112">Grafik 5.21 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 6</p>	<p data-bbox="1722 519 1879 552">$f_2 = 2.433 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1722 584 1879 617">$f_1 = 2.389 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1722 893 1879 950">Bandwidth = 44 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-1.854																																												
2	2.275	-2.34																																												
3	2.3	-3.062																																												
4	2.325	-4.17																																												
5	2.35	-5.902																																												
6	2.375	-8.511																																												
7	2.4	-11.33																																												
8	2.425	-10.96																																												
9	2.45	-8.344																																												
10	2.475	-6.266																																												
11	2.5	-4.919																																												
12	2.525	-4.055																																												
13	2.55	-3.487																																												

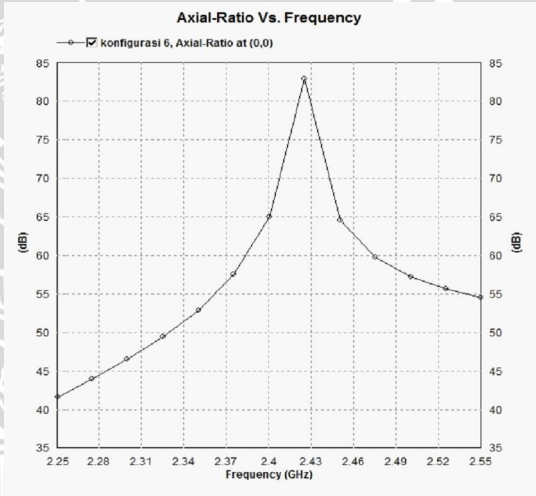
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.6 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 6 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.6b Gain Konfigurasi 6	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-5.261</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-4.007</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-2.808</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-1.39</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-0.211</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>0.847</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>1.538</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>1.807</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>1.677</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>1.327</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>0.84</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>0.286</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-0.257</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-5.261	2	2.275	-4.007	3	2.3	-2.808	4	2.325	-1.39	5	2.35	-0.211	6	2.375	0.847	7	2.4	1.538	8	2.425	1.807	9	2.45	1.677	10	2.475	1.327	11	2.5	0.84	12	2.525	0.286	13	2.55	-0.257	 <p data-bbox="1029 1096 1564 1128">Grafik 4.22 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 6</p>	1.538 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-5.261																																												
2	2.275	-4.007																																												
3	2.3	-2.808																																												
4	2.325	-1.39																																												
5	2.35	-0.211																																												
6	2.375	0.847																																												
7	2.4	1.538																																												
8	2.425	1.807																																												
9	2.45	1.677																																												
10	2.475	1.327																																												
11	2.5	0.84																																												
12	2.525	0.286																																												
13	2.55	-0.257																																												

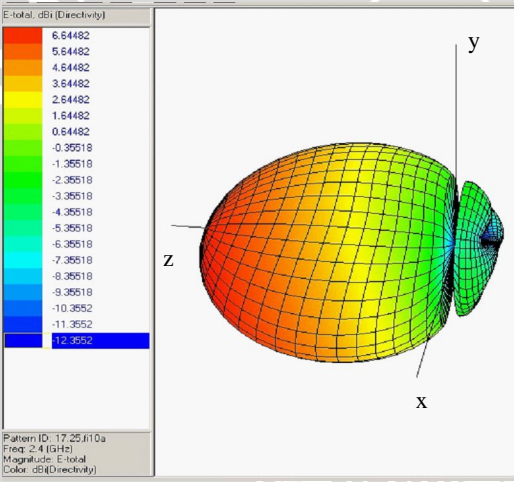
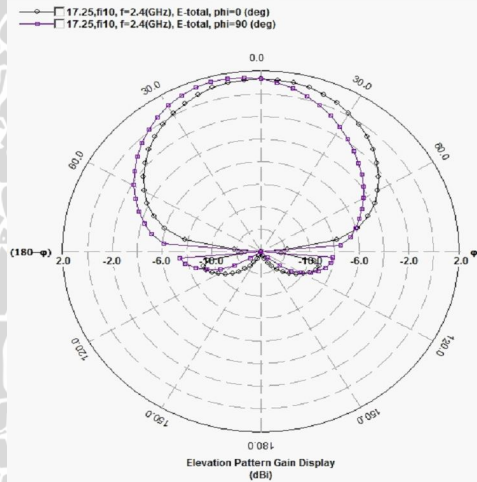
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.6 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 6 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="995 1114 1604 1141">Grafik 5.23 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 6</p> <table border="1" data-bbox="1719 1114 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-1.44</td> <td>-1.44</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-1.44	-1.44	65.41 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-1.44	-1.44							

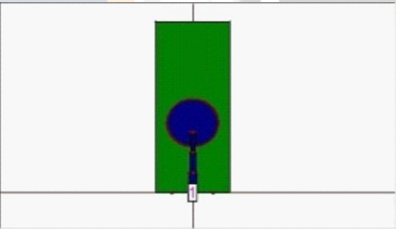
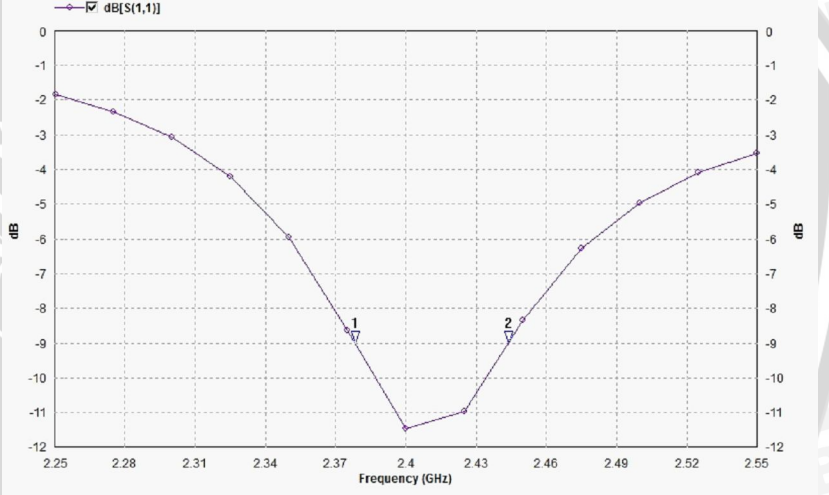
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.6 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 6 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.12 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 6 Grafik 4.24 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 6</p>	Unidirectional

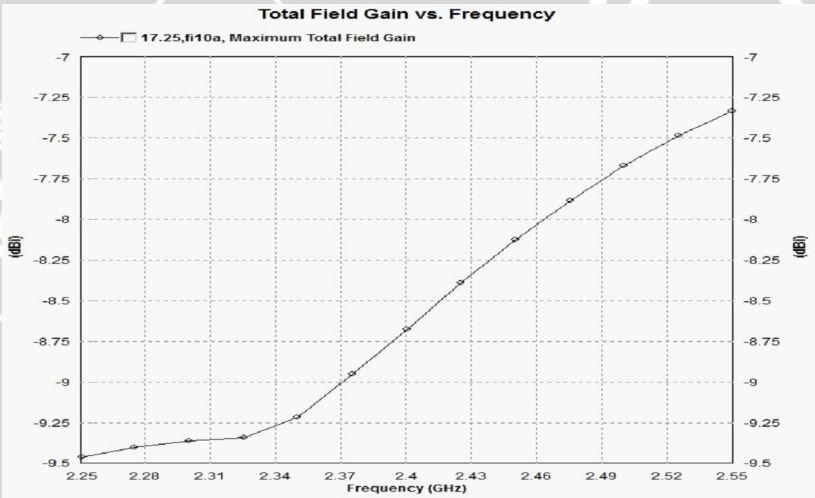
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.7 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 7

No	Gambar	Tabel 5.7a RL Konfigurasi 7	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1122">Gambar 5.13 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 7</p>	<table border="1" data-bbox="678 570 871 1062"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-1.839</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-2.331</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-3.065</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-4.196</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-5.971</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.642</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-11.47</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-10.98</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.346</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-6.289</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-4.956</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-4.099</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-3.531</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-1.839	2	2.275	-2.331	3	2.3	-3.065	4	2.325	-4.196	5	2.35	-5.971	6	2.375	-8.642	7	2.4	-11.47	8	2.425	-10.98	9	2.45	-8.346	10	2.475	-6.289	11	2.5	-4.956	12	2.525	-4.099	13	2.55	-3.531	 <p data-bbox="1037 1078 1560 1109">Grafik 2.25 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 7</p>	<p data-bbox="1719 521 1881 548">$f_2 = 2.432 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1719 586 1881 613">$f_1 = 2.389 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1719 889 1881 948">Bandwidth = 43 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-1.839																																												
2	2.275	-2.331																																												
3	2.3	-3.065																																												
4	2.325	-4.196																																												
5	2.35	-5.971																																												
6	2.375	-8.642																																												
7	2.4	-11.47																																												
8	2.425	-10.98																																												
9	2.45	-8.346																																												
10	2.475	-6.289																																												
11	2.5	-4.956																																												
12	2.525	-4.099																																												
13	2.55	-3.531																																												

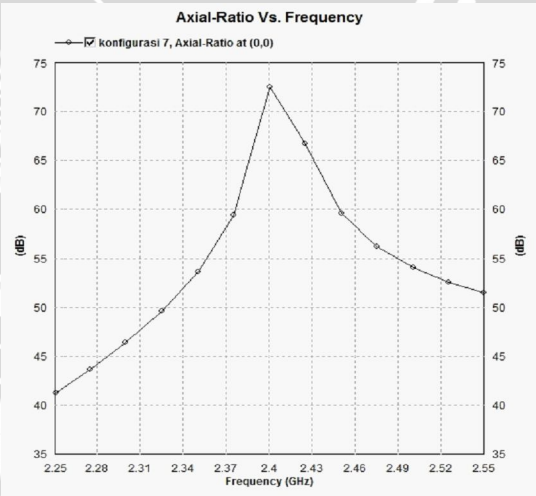
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.8 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 8 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.8b Gain Konfigurasi 8	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-9.46</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-9.403</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-9.363</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-9.34</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-9.221</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.947</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-8.677</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-8.391</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.19</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-7.885</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-7.675</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-7.489</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-7.343</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-9.46	2	2.275	-9.403	3	2.3	-9.363	4	2.325	-9.34	5	2.35	-9.221	6	2.375	-8.947	7	2.4	-8.677	8	2.425	-8.391	9	2.45	-8.19	10	2.475	-7.885	11	2.5	-7.675	12	2.525	-7.489	13	2.55	-7.343	 <p data-bbox="1029 1096 1564 1128">Grafik 5.30 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 8</p>	-8.677 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-9.46																																												
2	2.275	-9.403																																												
3	2.3	-9.363																																												
4	2.325	-9.34																																												
5	2.35	-9.221																																												
6	2.375	-8.947																																												
7	2.4	-8.677																																												
8	2.425	-8.391																																												
9	2.45	-8.19																																												
10	2.475	-7.885																																												
11	2.5	-7.675																																												
12	2.525	-7.489																																												
13	2.55	-7.343																																												

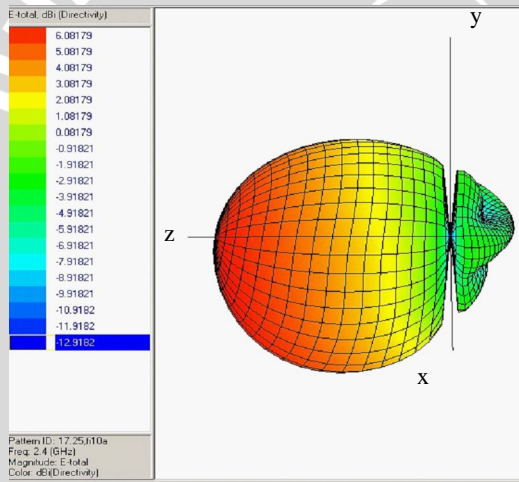
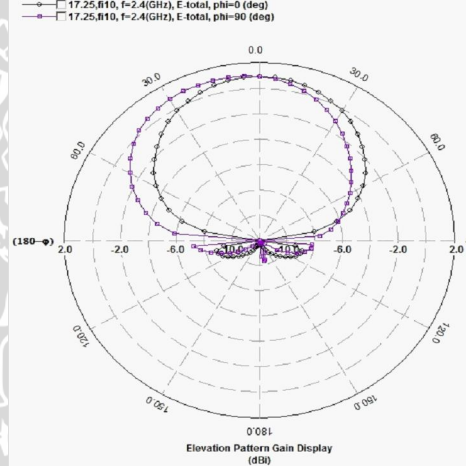
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.7 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 7 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="997 1112 1606 1144">Grafik 5.27 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 7</p> <table border="1" data-bbox="1719 1112 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-1.96</td> <td>-1.95</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-1.96	-1.95	72.45 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-1.96	-1.95							

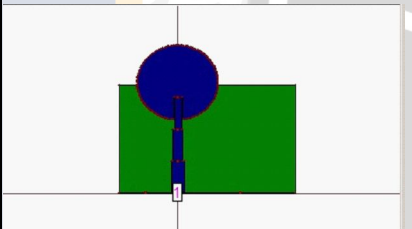
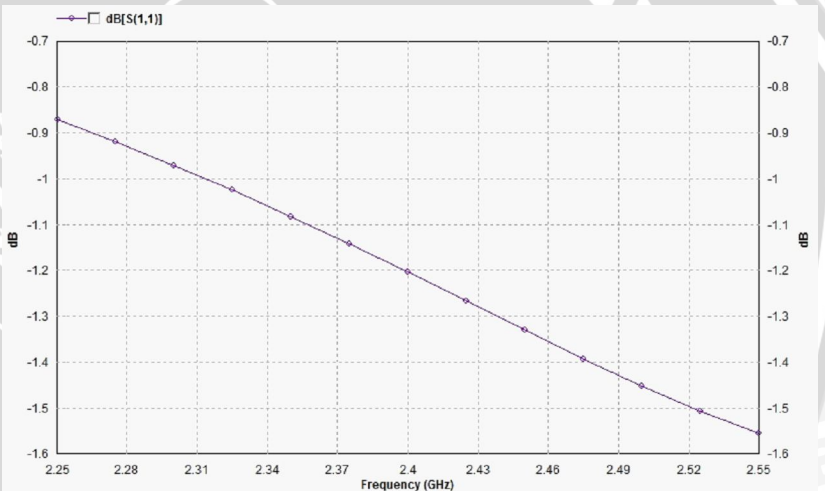
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.7 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 7 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p data-bbox="709 1071 1060 1096">Gambar 5.14 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 7</p> <p data-bbox="1113 1071 1627 1120">Grafik 5.28 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 7</p>	Unidirectional

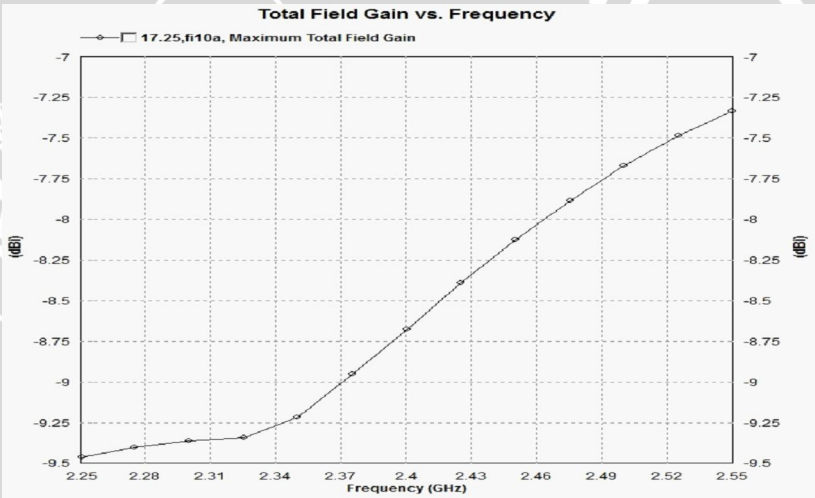
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.8 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 8

No	Gambar	Tabel 5.8a RL Konfigurasi 8	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1123">Gambar 5.15 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 8</p>	<table border="1" data-bbox="680 574 869 1062"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.8724</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.9201</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.9711</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-1.025</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.083</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.142</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.204</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.268</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.331</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.393</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.452</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.507</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.555</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-0.8724	2	2.275	-0.9201	3	2.3	-0.9711	4	2.325	-1.025	5	2.35	-1.083	6	2.375	-1.142	7	2.4	-1.204	8	2.425	-1.268	9	2.45	-1.331	10	2.475	-1.393	11	2.5	-1.452	12	2.525	-1.507	13	2.55	-1.555	 <p data-bbox="1037 1078 1562 1110">Grafik 4.29 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 8</p>	<p data-bbox="1738 526 1864 558">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1738 591 1864 623">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1730 889 1873 948">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.8724																																												
2	2.275	-0.9201																																												
3	2.3	-0.9711																																												
4	2.325	-1.025																																												
5	2.35	-1.083																																												
6	2.375	-1.142																																												
7	2.4	-1.204																																												
8	2.425	-1.268																																												
9	2.45	-1.331																																												
10	2.475	-1.393																																												
11	2.5	-1.452																																												
12	2.525	-1.507																																												
13	2.55	-1.555																																												

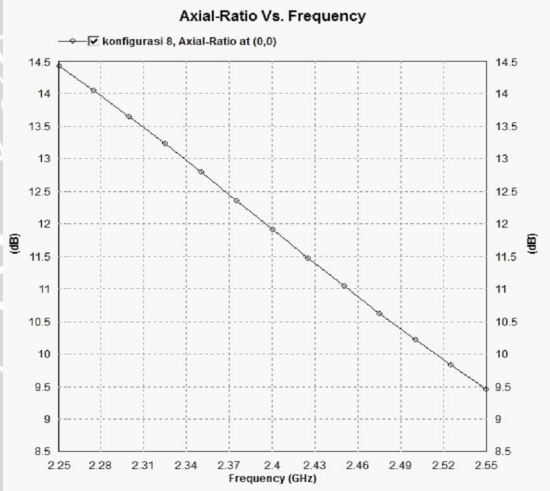
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.8 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 8 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.8b Gain Konfigurasi 8	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-9.46</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-9.403</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-9.363</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-9.34</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-9.221</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.947</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-8.677</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-8.391</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.19</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-7.885</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-7.675</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-7.489</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-7.343</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-9.46	2	2.275	-9.403	3	2.3	-9.363	4	2.325	-9.34	5	2.35	-9.221	6	2.375	-8.947	7	2.4	-8.677	8	2.425	-8.391	9	2.45	-8.19	10	2.475	-7.885	11	2.5	-7.675	12	2.525	-7.489	13	2.55	-7.343	 <p data-bbox="1029 1096 1564 1128">Grafik 5.30 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 8</p>	-8.677 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-9.46																																												
2	2.275	-9.403																																												
3	2.3	-9.363																																												
4	2.325	-9.34																																												
5	2.35	-9.221																																												
6	2.375	-8.947																																												
7	2.4	-8.677																																												
8	2.425	-8.391																																												
9	2.45	-8.19																																												
10	2.475	-7.885																																												
11	2.5	-7.675																																												
12	2.525	-7.489																																												
13	2.55	-7.343																																												

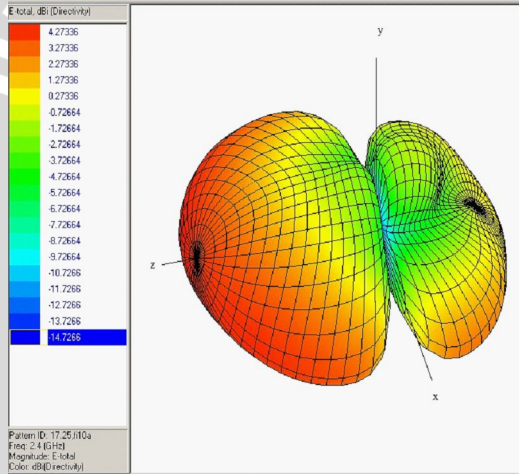
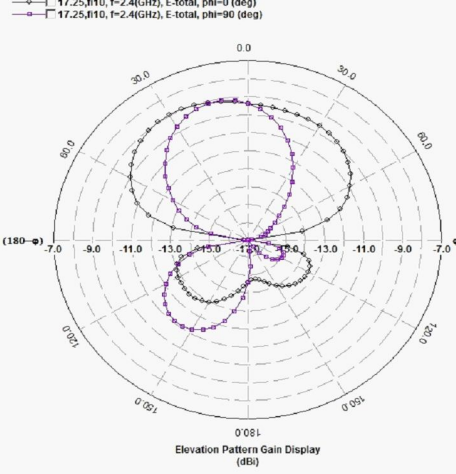
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.8 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 8 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="997 1112 1602 1144">Grafik 5.31 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 8</p> <table border="1" data-bbox="1719 1112 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-11.33</td> <td>-8.91</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-11.33	-8.91	11.9 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-11.33	-8.91							

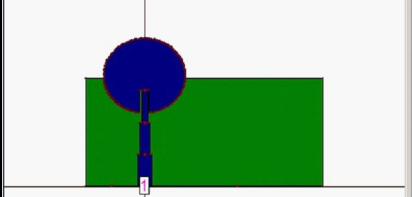
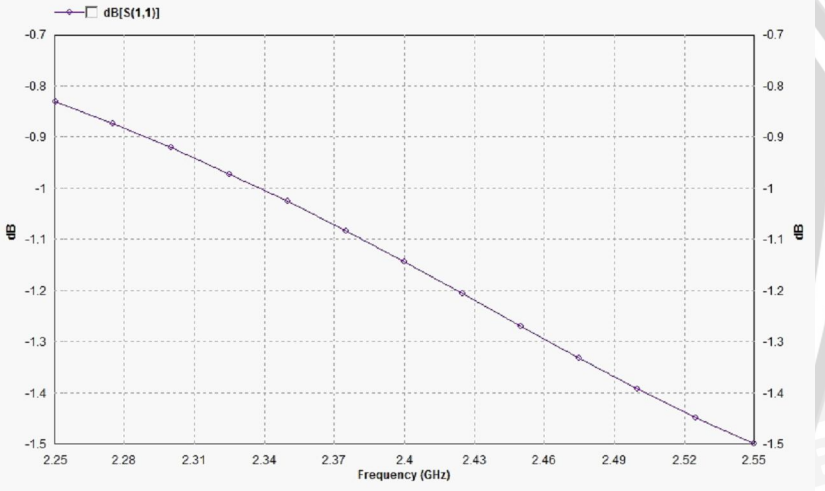
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.8 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 8 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.16 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 8</p> <p>Grafik 5.32 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 8</p>	Unidirectional

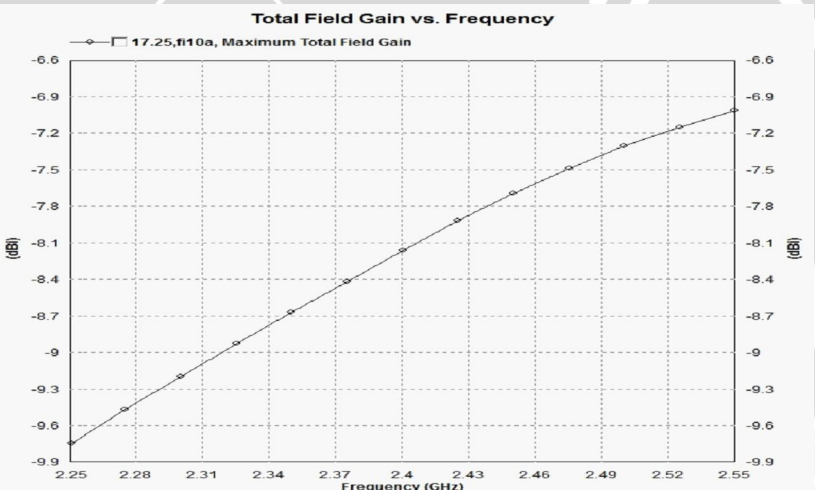
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.9 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 9

No	Gambar	Tabel 5.9a RL Konfigurasi 9	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1123">Gambar 5.17 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 9</p>	<table border="1" data-bbox="680 574 869 1062"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.8318</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.8746</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.9213</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.971</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.026</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.084</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.144</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.206</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.269</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.332</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.392</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.448</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.498</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-0.8318	2	2.275	-0.8746	3	2.3	-0.9213	4	2.325	-0.971	5	2.35	-1.026	6	2.375	-1.084	7	2.4	-1.144	8	2.425	-1.206	9	2.45	-1.269	10	2.475	-1.332	11	2.5	-1.392	12	2.525	-1.448	13	2.55	-1.498	 <p data-bbox="1037 1078 1562 1110">Grafik 4.33 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 9</p>	<p data-bbox="1738 526 1864 558">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1738 591 1864 623">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1730 893 1877 948">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.8318																																												
2	2.275	-0.8746																																												
3	2.3	-0.9213																																												
4	2.325	-0.971																																												
5	2.35	-1.026																																												
6	2.375	-1.084																																												
7	2.4	-1.144																																												
8	2.425	-1.206																																												
9	2.45	-1.269																																												
10	2.475	-1.332																																												
11	2.5	-1.392																																												
12	2.525	-1.448																																												
13	2.55	-1.498																																												

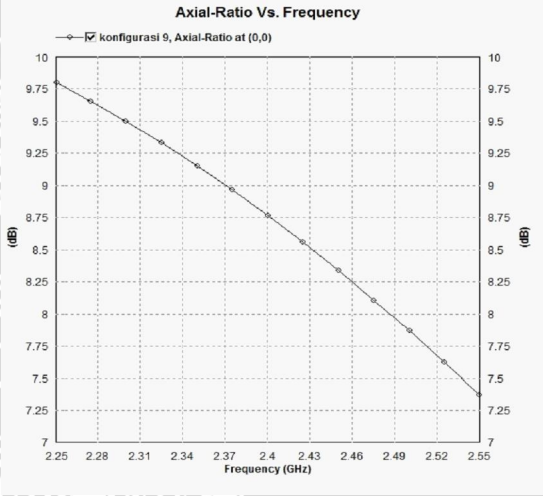
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.9 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 9 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.9b Gain Konfigurasi 9	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-9.746</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-9.474</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-9.199</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-8.929</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-8.667</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.417</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-8.164</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-7.919</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-7.692</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-7.486</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-7.312</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-7.129</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-7.017</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-9.746	2	2.275	-9.474	3	2.3	-9.199	4	2.325	-8.929	5	2.35	-8.667	6	2.375	-8.417	7	2.4	-8.164	8	2.425	-7.919	9	2.45	-7.692	10	2.475	-7.486	11	2.5	-7.312	12	2.525	-7.129	13	2.55	-7.017	 <p data-bbox="1029 1088 1575 1128">Grafik 5.34 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 9</p>	-8.164 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-9.746																																												
2	2.275	-9.474																																												
3	2.3	-9.199																																												
4	2.325	-8.929																																												
5	2.35	-8.667																																												
6	2.375	-8.417																																												
7	2.4	-8.164																																												
8	2.425	-7.919																																												
9	2.45	-7.692																																												
10	2.475	-7.486																																												
11	2.5	-7.312																																												
12	2.525	-7.129																																												
13	2.55	-7.017																																												

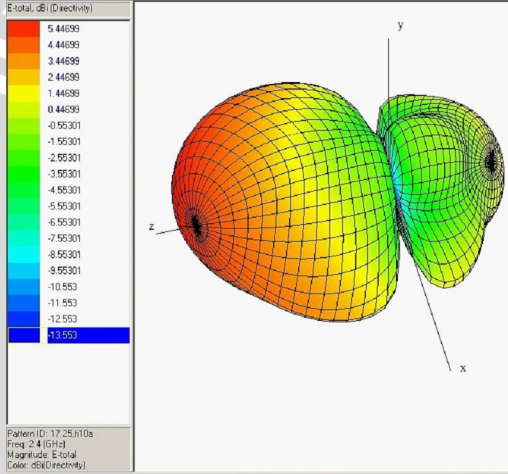
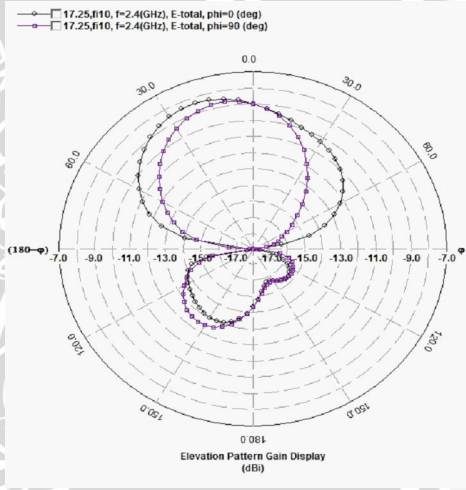
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.9 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 9 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="997 1112 1606 1144">Grafik 5.35 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 9</p> <table border="1" data-bbox="1717 1112 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-8.15</td> <td>-9.26</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-8.15	-9.26	8.76 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-8.15	-9.26							

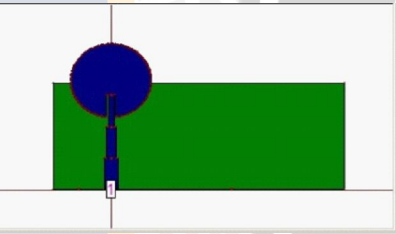
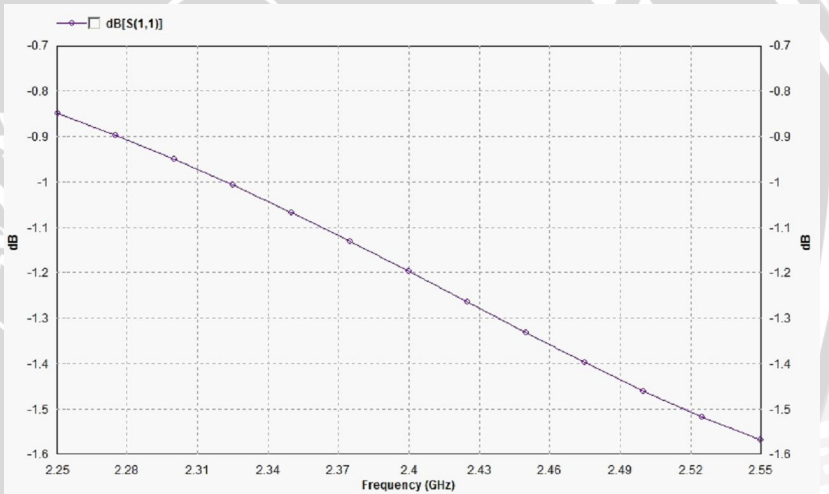
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.9 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 9 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.18 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 9 Grafik 4.36 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 9</p>	Unidirectional

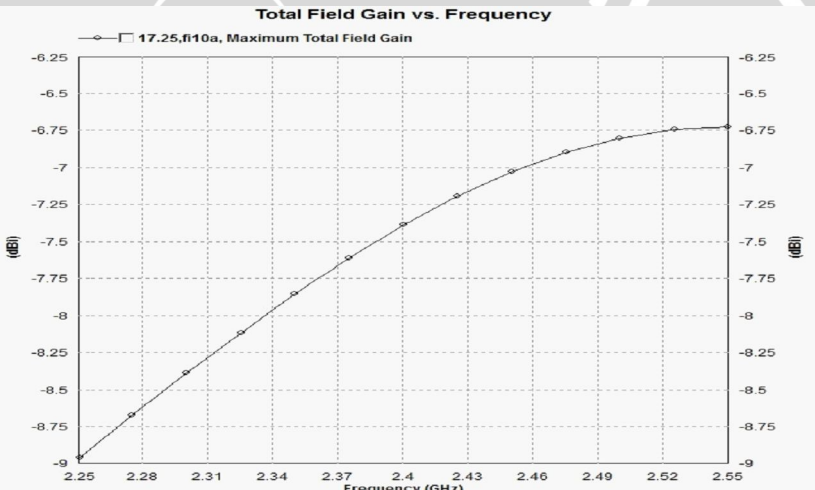
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.10 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 10

No	Gambar	Tabel 5.10a RL Konfigurasi 10	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1122">Gambar 5.19 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 10</p>	<table border="1" data-bbox="678 574 871 1065"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.8502</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.8983</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.9506</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-1.007</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.067</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.131</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.197</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.264</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.332</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.398</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.461</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.518</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.568</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-0.8502	2	2.275	-0.8983	3	2.3	-0.9506	4	2.325	-1.007	5	2.35	-1.067	6	2.375	-1.131	7	2.4	-1.197	8	2.425	-1.264	9	2.45	-1.332	10	2.475	-1.398	11	2.5	-1.461	12	2.525	-1.518	13	2.55	-1.568	 <p data-bbox="1031 1078 1570 1109">Grafik 5.37 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 10</p>	<p data-bbox="1738 521 1864 552">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1738 586 1864 617">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1728 889 1875 948">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.8502																																												
2	2.275	-0.8983																																												
3	2.3	-0.9506																																												
4	2.325	-1.007																																												
5	2.35	-1.067																																												
6	2.375	-1.131																																												
7	2.4	-1.197																																												
8	2.425	-1.264																																												
9	2.45	-1.332																																												
10	2.475	-1.398																																												
11	2.5	-1.461																																												
12	2.525	-1.518																																												
13	2.55	-1.568																																												

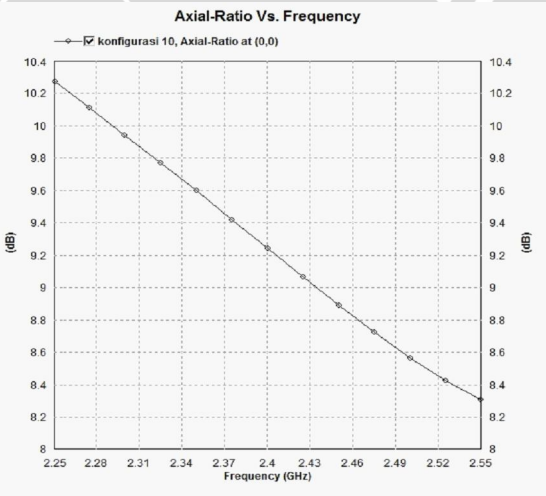
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.10 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 10 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.10b Gain Konfigurasi 10	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-8.954</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-8.668</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-8.391</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-8.116</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-7.863</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-7.611</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-7.385</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-7.194</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-7.024</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-6.894</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-6.802</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-6.743</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-6.724</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-8.954	2	2.275	-8.668	3	2.3	-8.391	4	2.325	-8.116	5	2.35	-7.863	6	2.375	-7.611	7	2.4	-7.385	8	2.425	-7.194	9	2.45	-7.024	10	2.475	-6.894	11	2.5	-6.802	12	2.525	-6.743	13	2.55	-6.724	 <p data-bbox="1024 1096 1575 1128">Grafik 4.38 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 10</p>	-7.385 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-8.954																																												
2	2.275	-8.668																																												
3	2.3	-8.391																																												
4	2.325	-8.116																																												
5	2.35	-7.863																																												
6	2.375	-7.611																																												
7	2.4	-7.385																																												
8	2.425	-7.194																																												
9	2.45	-7.024																																												
10	2.475	-6.894																																												
11	2.5	-6.802																																												
12	2.525	-6.743																																												
13	2.55	-6.724																																												

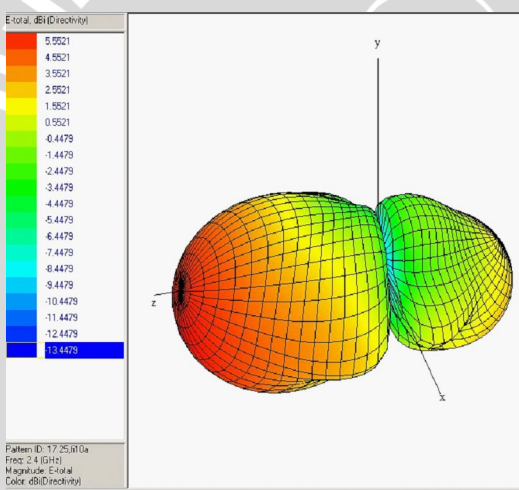
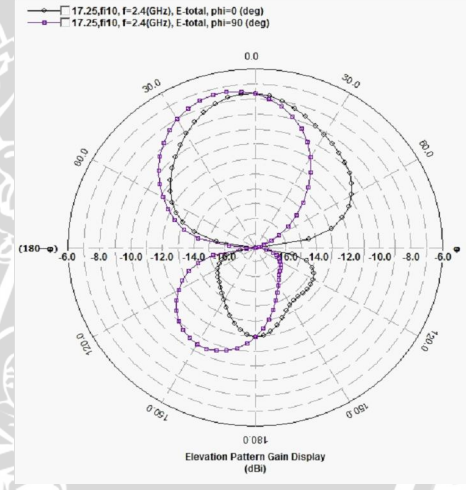
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.10 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 10 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="989 1114 1612 1141">Grafik 5.39 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 10</p> <table border="1" data-bbox="1719 1114 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-10.05</td> <td>-8.29</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-10.05	-8.29	9.23 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-10.05	-8.29							

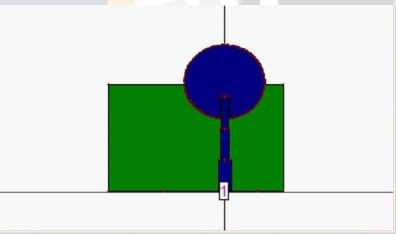
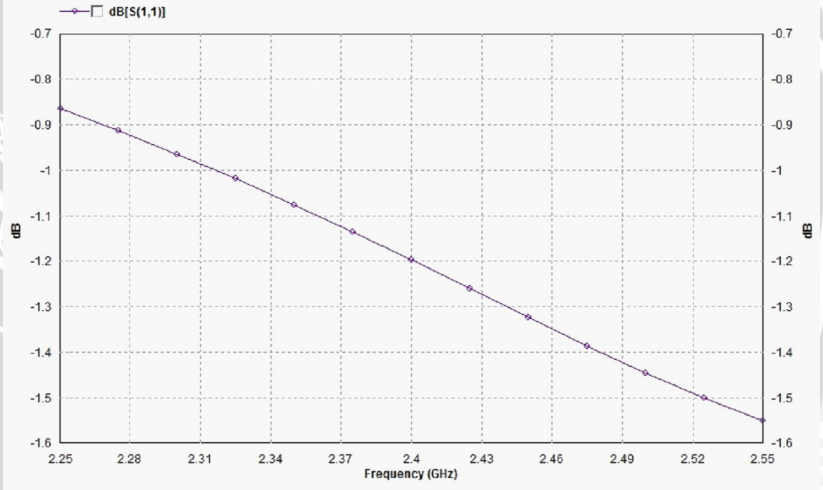
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 4.10 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 10 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.20 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 10</p> <p>Grafik 5.40 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 10</p>	Unidirectional

Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.11 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 11

No	Gambar	Tabel 5.11a RL Konfigurasi 11	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1122">Gambar 5.21 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 11</p>	<table border="1" data-bbox="678 573 875 1060"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.866</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.9136</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.9645</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-1.019</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.076</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.136</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.198</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.261</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.325</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.387</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.446</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.501</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.55</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-0.866	2	2.275	-0.9136	3	2.3	-0.9645	4	2.325	-1.019	5	2.35	-1.076	6	2.375	-1.136	7	2.4	-1.198	8	2.425	-1.261	9	2.45	-1.325	10	2.475	-1.387	11	2.5	-1.446	12	2.525	-1.501	13	2.55	-1.55	 <p data-bbox="1031 1078 1566 1109">Grafik 5.41 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 11</p>	<p data-bbox="1738 521 1864 548">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1738 586 1864 613">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1728 889 1875 946">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.866																																												
2	2.275	-0.9136																																												
3	2.3	-0.9645																																												
4	2.325	-1.019																																												
5	2.35	-1.076																																												
6	2.375	-1.136																																												
7	2.4	-1.198																																												
8	2.425	-1.261																																												
9	2.45	-1.325																																												
10	2.475	-1.387																																												
11	2.5	-1.446																																												
12	2.525	-1.501																																												
13	2.55	-1.55																																												

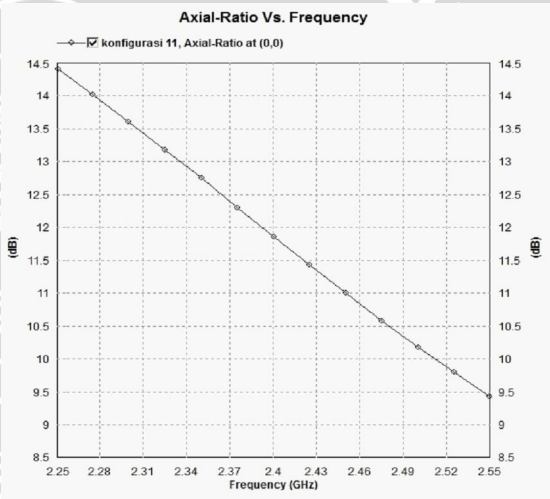
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.11 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 11 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.11b Gain Konfigurasi 11	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-9.583</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-9.523</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-9.48</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-9.454</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-9.215</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.937</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-8.66</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-8.371</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.102</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-7.859</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-7.658</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-7.462</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-7.312</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-9.583	2	2.275	-9.523	3	2.3	-9.48	4	2.325	-9.454	5	2.35	-9.215	6	2.375	-8.937	7	2.4	-8.66	8	2.425	-8.371	9	2.45	-8.102	10	2.475	-7.859	11	2.5	-7.658	12	2.525	-7.462	13	2.55	-7.312	<p>Grafik 5.42 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 11</p>	-8.66 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-9.583																																												
2	2.275	-9.523																																												
3	2.3	-9.48																																												
4	2.325	-9.454																																												
5	2.35	-9.215																																												
6	2.375	-8.937																																												
7	2.4	-8.66																																												
8	2.425	-8.371																																												
9	2.45	-8.102																																												
10	2.475	-7.859																																												
11	2.5	-7.658																																												
12	2.525	-7.462																																												
13	2.55	-7.312																																												

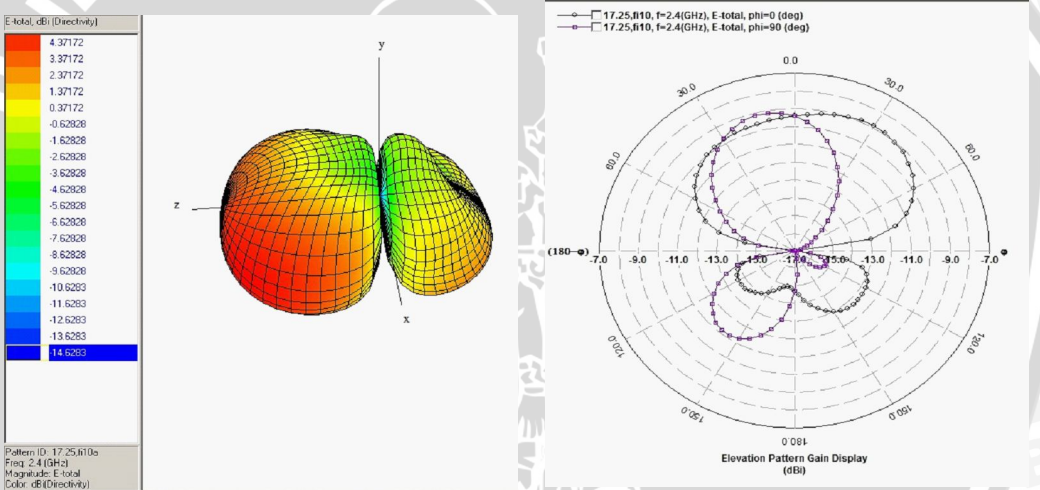
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.11 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 11 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="989 1114 1608 1141">Grafik 5.43 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 11</p> <table border="1" data-bbox="1719 1114 1881 1239"> <tr> <td>LHCP Gain (dBi)</td> <td>RHCP Gain (dBi)</td> </tr> <tr> <td>-8.52</td> <td>-10.54</td> </tr> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-8.52	-10.54	11.85 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-8.52	-10.54							

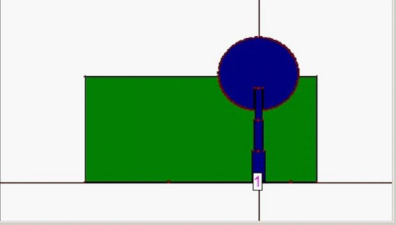
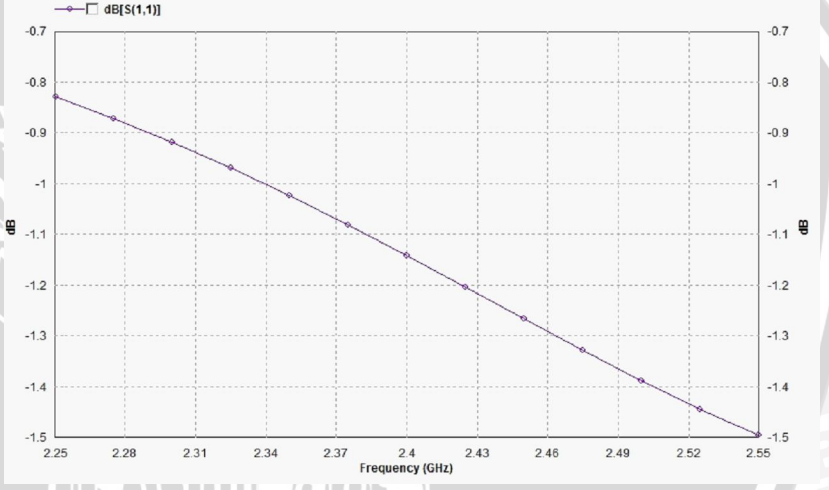
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.11 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 11 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		 <p data-bbox="709 1073 1073 1094">Gambar 5.22 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 11</p> <p data-bbox="1119 1073 1633 1117">Grafik 5.44 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 11</p>	Unidirectional

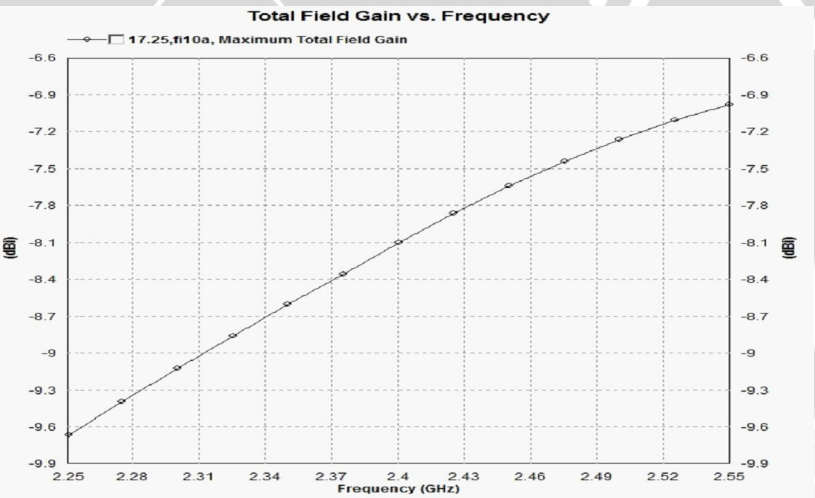
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.12 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 12

No	Gambar	Tabel 5.12a <i>RL</i> Konfigurasi 12	Grafik <i>RL</i>	<i>Bandwidth</i> $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1123">Gambar 5.23 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 12</p>	<table border="1" data-bbox="678 581 871 1068"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th><i>RL</i> [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.8294</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.8722</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.9189</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.9695</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.024</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.081</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.142</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.204</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.267</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.329</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.389</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.445</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.495</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	<i>RL</i> [S(1,1)]	1	2.25	-0.8294	2	2.275	-0.8722	3	2.3	-0.9189	4	2.325	-0.9695	5	2.35	-1.024	6	2.375	-1.081	7	2.4	-1.142	8	2.425	-1.204	9	2.45	-1.267	10	2.475	-1.329	11	2.5	-1.389	12	2.525	-1.445	13	2.55	-1.495	 <p data-bbox="1033 1079 1570 1107">Grafik 5.45 <i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 12</p>	<p data-bbox="1738 522 1864 550">$f_2 = 0$ GHz</p> <p data-bbox="1738 587 1864 615">$f_1 = 0$ GHz</p> <p data-bbox="1728 889 1875 945"><i>Bandwidth</i> = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	<i>RL</i> [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.8294																																												
2	2.275	-0.8722																																												
3	2.3	-0.9189																																												
4	2.325	-0.9695																																												
5	2.35	-1.024																																												
6	2.375	-1.081																																												
7	2.4	-1.142																																												
8	2.425	-1.204																																												
9	2.45	-1.267																																												
10	2.475	-1.329																																												
11	2.5	-1.389																																												
12	2.525	-1.445																																												
13	2.55	-1.495																																												

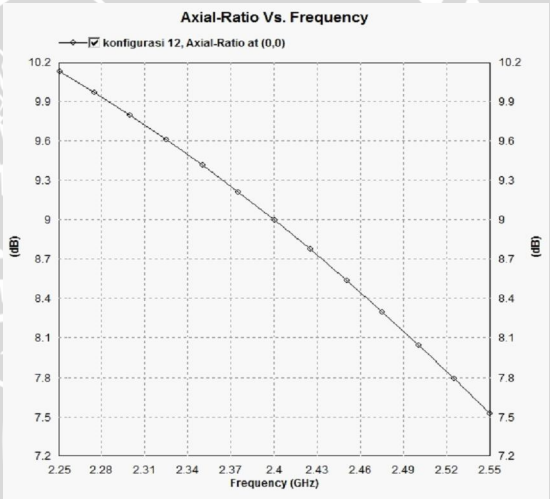
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.12 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 12 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.12b Gain Konfigurasi 12	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-9.668</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-9.399</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-9.127</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-8.86</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-8.6</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.358</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-8.104</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-7.868</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-7.649</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-7.439</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-7.2262</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-7.112</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-6.98</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-9.668	2	2.275	-9.399	3	2.3	-9.127	4	2.325	-8.86	5	2.35	-8.6	6	2.375	-8.358	7	2.4	-8.104	8	2.425	-7.868	9	2.45	-7.649	10	2.475	-7.439	11	2.5	-7.2262	12	2.525	-7.112	13	2.55	-6.98	 <p data-bbox="1024 1096 1575 1128">Grafik 5.46 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 12</p>	-8.104 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-9.668																																												
2	2.275	-9.399																																												
3	2.3	-9.127																																												
4	2.325	-8.86																																												
5	2.35	-8.6																																												
6	2.375	-8.358																																												
7	2.4	-8.104																																												
8	2.425	-7.868																																												
9	2.45	-7.649																																												
10	2.475	-7.439																																												
11	2.5	-7.2262																																												
12	2.525	-7.112																																												
13	2.55	-6.98																																												

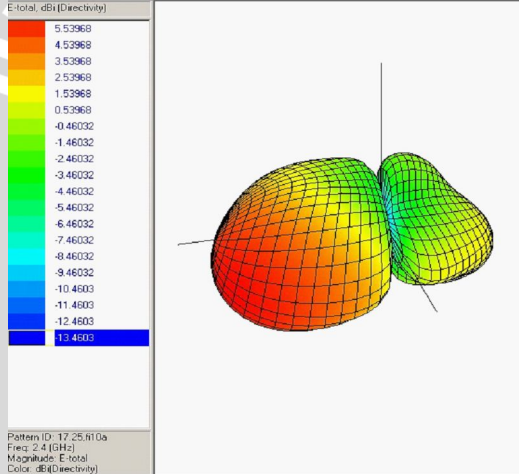
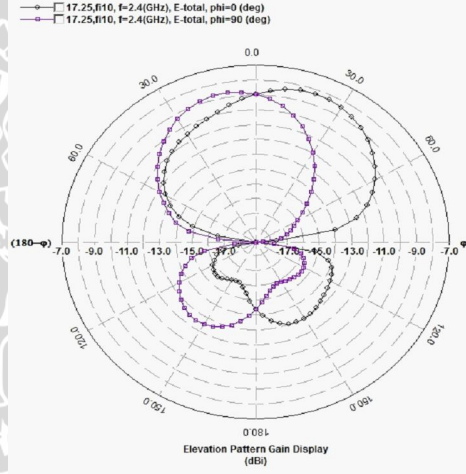
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.12 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 12 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="987 1112 1606 1144">Grafik 5.47 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 12</p> <table border="1" data-bbox="1719 1112 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-9.12</td> <td>-12</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-9.12	-12	8.99 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-9.12	-12							

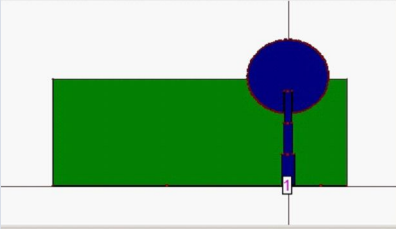
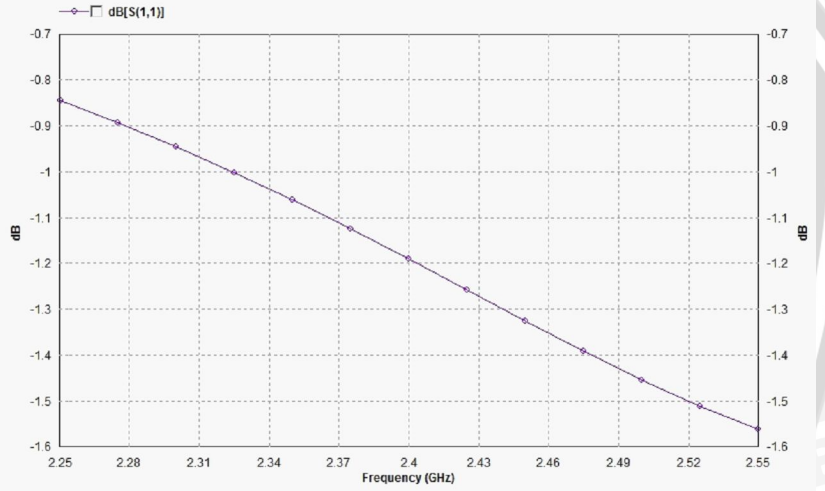
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.12 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 12 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.24 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 12 Grafik 5.48 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 12</p>	Unidirectional

Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.13 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 13

No	Gambar	Tabel 5.13a RL Konfigurasi 13	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1122">Gambar 5.25 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 13</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.8454</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.8934</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.9455</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-1.002</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.062</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.125</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.191</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.258</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.326</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.392</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.455</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.512</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.563</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-0.8454	2	2.275	-0.8934	3	2.3	-0.9455	4	2.325	-1.002	5	2.35	-1.062	6	2.375	-1.125	7	2.4	-1.191	8	2.425	-1.258	9	2.45	-1.326	10	2.475	-1.392	11	2.5	-1.455	12	2.525	-1.512	13	2.55	-1.563	 <p data-bbox="1031 1078 1566 1105">Grafik 5.49 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 13</p>	<p data-bbox="1738 526 1864 553">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1738 591 1864 618">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1730 894 1873 948">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.8454																																												
2	2.275	-0.8934																																												
3	2.3	-0.9455																																												
4	2.325	-1.002																																												
5	2.35	-1.062																																												
6	2.375	-1.125																																												
7	2.4	-1.191																																												
8	2.425	-1.258																																												
9	2.45	-1.326																																												
10	2.475	-1.392																																												
11	2.5	-1.455																																												
12	2.525	-1.512																																												
13	2.55	-1.563																																												

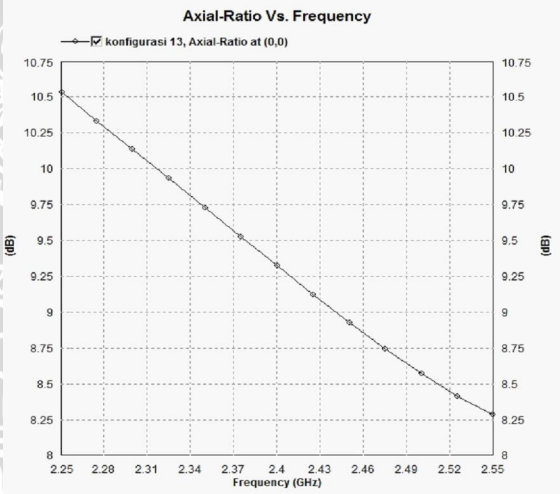
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.13 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 13 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.13b Gain Konfigurasi 13	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-8.935</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-8.656</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-8.367</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-8.099</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-7.851</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-7.605</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-7.388</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-7.19</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-7.025</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-6.894</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-6.796</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-6.738</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-7.715</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-8.935	2	2.275	-8.656	3	2.3	-8.367	4	2.325	-8.099	5	2.35	-7.851	6	2.375	-7.605	7	2.4	-7.388	8	2.425	-7.19	9	2.45	-7.025	10	2.475	-6.894	11	2.5	-6.796	12	2.525	-6.738	13	2.55	-7.715	<p style="text-align: center;">Grafik 5.50 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 13</p>	-7.388 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-8.935																																												
2	2.275	-8.656																																												
3	2.3	-8.367																																												
4	2.325	-8.099																																												
5	2.35	-7.851																																												
6	2.375	-7.605																																												
7	2.4	-7.388																																												
8	2.425	-7.19																																												
9	2.45	-7.025																																												
10	2.475	-6.894																																												
11	2.5	-6.796																																												
12	2.525	-6.738																																												
13	2.55	-7.715																																												

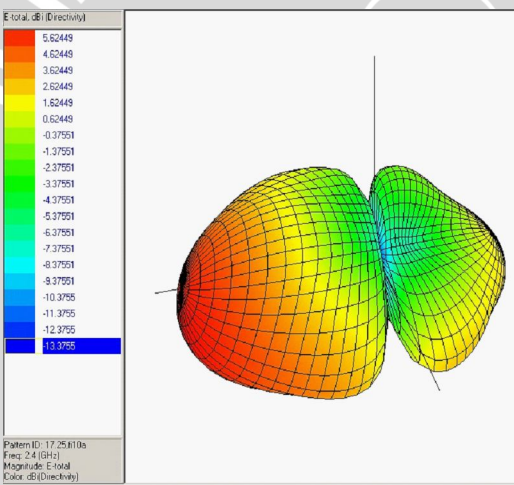
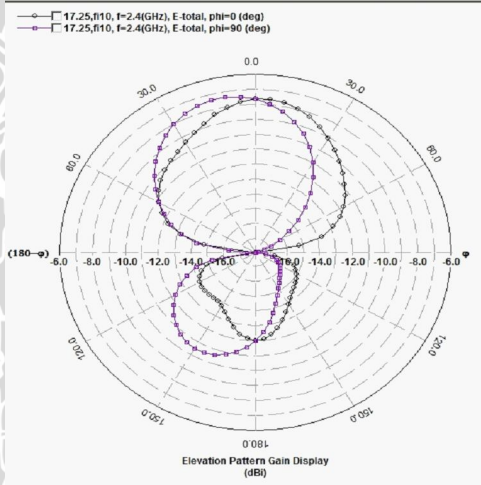
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.13 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 13 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p>Grafik 5.51 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 13</p>	<p>9.32 dB</p> <table border="1" data-bbox="1719 1117 1881 1239"> <tr> <td>LHCP Gain (dBi)</td> <td>RHCP Gain (dBi)</td> </tr> <tr> <td>-8.24</td> <td>-10.21</td> </tr> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-8.24	-10.21
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-8.24	-10.21							

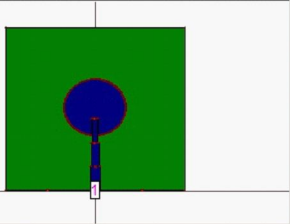
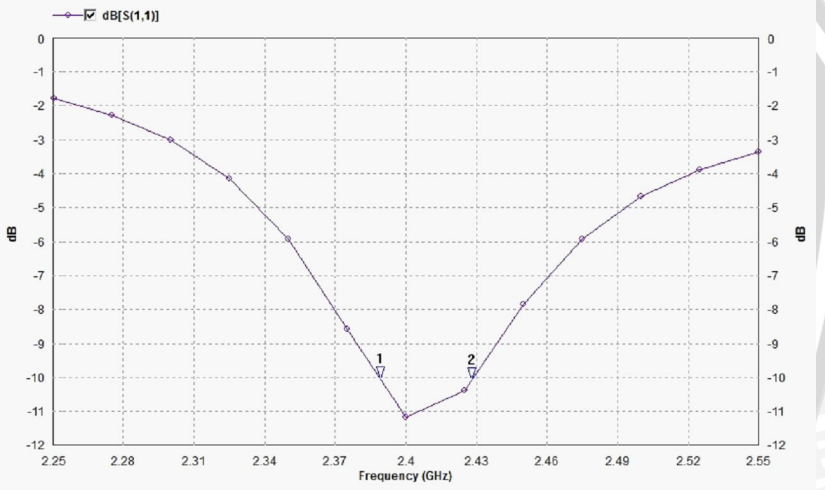
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.13 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 13 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.26 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 13</p> <p>Grafik 5.52 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 13</p>	Unidirectional

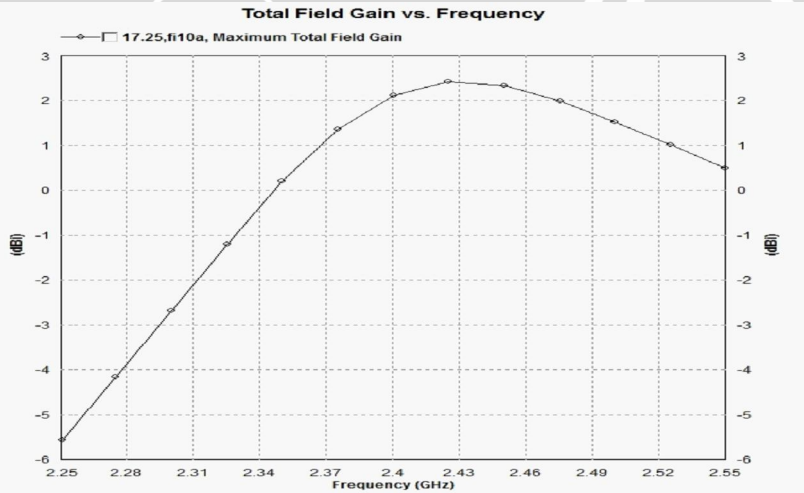
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.14 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 14

No	Gambar	Tabel 5.14a <i>RL</i> Konfigurasi 14	Grafik <i>RL</i>	<i>Bandwidth</i> $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1122">Gambar 5.27 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 14</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th><i>RL</i> [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-1.799</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-2.284</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-3.013</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-4.144</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-5.924</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.576</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-11.16</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-10.38</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-7.845</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-5.915</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-4.673</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-3.877</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-3.354</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	<i>RL</i> [S(1,1)]	1	2.25	-1.799	2	2.275	-2.284	3	2.3	-3.013	4	2.325	-4.144	5	2.35	-5.924	6	2.375	-8.576	7	2.4	-11.16	8	2.425	-10.38	9	2.45	-7.845	10	2.475	-5.915	11	2.5	-4.673	12	2.525	-3.877	13	2.55	-3.354	 <p data-bbox="1031 1078 1570 1109">Grafik 5.53 <i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 14</p>	<p data-bbox="1717 524 1879 555">$f_2 = 2.428 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1717 586 1879 617">$f_1 = 2.389 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1717 891 1879 948"><i>Bandwidth</i> = 44 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	<i>RL</i> [S(1,1)]																																												
1	2.25	-1.799																																												
2	2.275	-2.284																																												
3	2.3	-3.013																																												
4	2.325	-4.144																																												
5	2.35	-5.924																																												
6	2.375	-8.576																																												
7	2.4	-11.16																																												
8	2.425	-10.38																																												
9	2.45	-7.845																																												
10	2.475	-5.915																																												
11	2.5	-4.673																																												
12	2.525	-3.877																																												
13	2.55	-3.354																																												

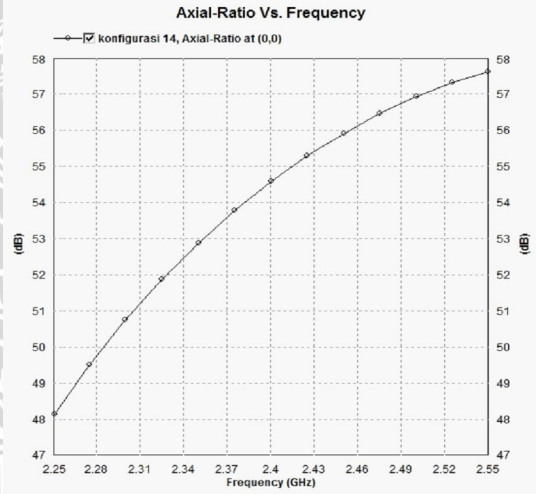
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.14 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 14 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.14b Gain Konfigurasi 14	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-5.531</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-4.183</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-2.66</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-1.2</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>0.208</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>1.335</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>2.098</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>2.41</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>2.312</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>1.972</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>1.515</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>1.011</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>0.513</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-5.531	2	2.275	-4.183	3	2.3	-2.66	4	2.325	-1.2	5	2.35	0.208	6	2.375	1.335	7	2.4	2.098	8	2.425	2.41	9	2.45	2.312	10	2.475	1.972	11	2.5	1.515	12	2.525	1.011	13	2.55	0.513	 <p data-bbox="1024 1096 1575 1128">Grafik 5.54 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 14</p>	2.098 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-5.531																																												
2	2.275	-4.183																																												
3	2.3	-2.66																																												
4	2.325	-1.2																																												
5	2.35	0.208																																												
6	2.375	1.335																																												
7	2.4	2.098																																												
8	2.425	2.41																																												
9	2.45	2.312																																												
10	2.475	1.972																																												
11	2.5	1.515																																												
12	2.525	1.011																																												
13	2.55	0.513																																												

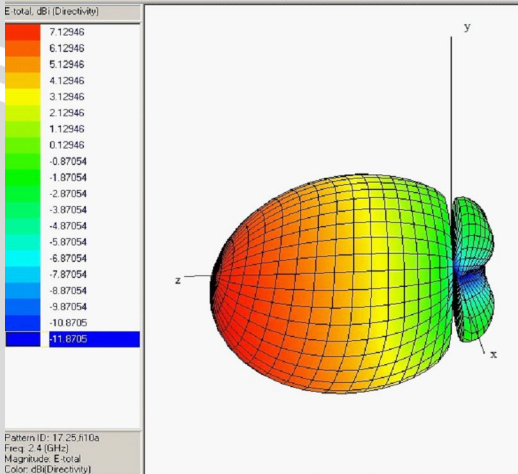
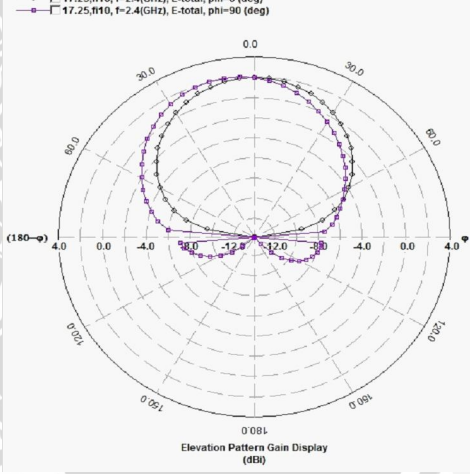
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.14 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 14 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="989 1114 1612 1141">Grafik 5.55 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 14</p> <table border="1" data-bbox="1719 1114 1881 1239"> <tr> <td>LHCP Gain (dBi)</td> <td>RHCP Gain (dBi)</td> </tr> <tr> <td>-0.83</td> <td>-0.8</td> </tr> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-0.83	-0.8	54.57 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-0.83	-0.8							

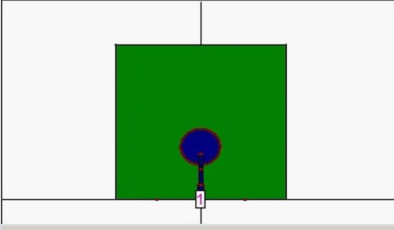
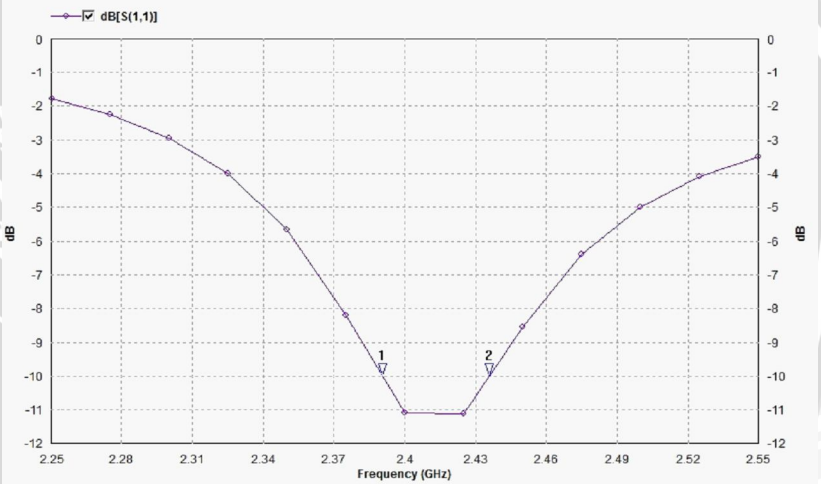
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.14 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 14 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.28 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 14 Grafik 5.56 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 14</p>	Unidirectional

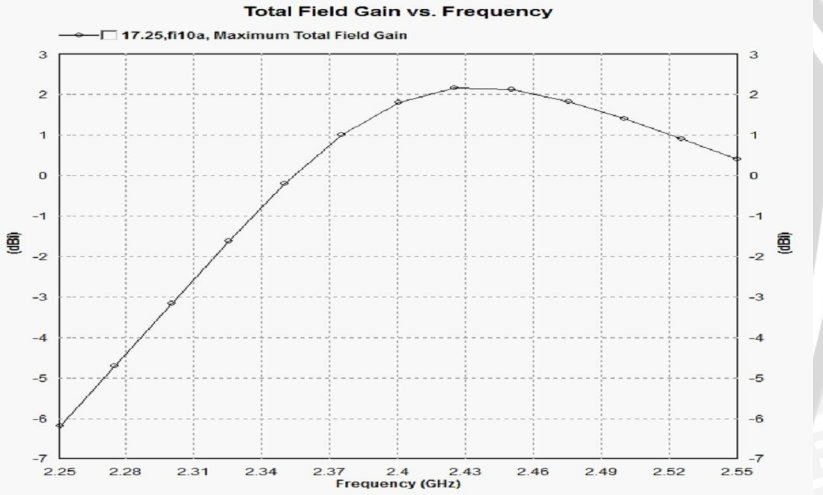
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.15 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 15

No	Gambar	Tabel 5.15a RL Konfigurasi 15	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 638 1123">Gambar 5.29 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 15</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-1.797</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-2.264</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-2.956</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-4.017</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-5.677</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.197</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-11.09</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-11.1</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.543</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-6.402</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-5.004</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-4.106</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-3.514</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-1.797	2	2.275	-2.264	3	2.3	-2.956	4	2.325	-4.017	5	2.35	-5.677	6	2.375	-8.197	7	2.4	-11.09	8	2.425	-11.1	9	2.45	-8.543	10	2.475	-6.402	11	2.5	-5.004	12	2.525	-4.106	13	2.55	-3.514	 <p data-bbox="1033 1078 1566 1107">Grafik 5.57 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 15</p>	<p data-bbox="1717 522 1881 552">$f_2 = 2.435 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1717 587 1881 617">$f_1 = 2.390 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1717 889 1881 948">Bandwidth = 45 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-1.797																																												
2	2.275	-2.264																																												
3	2.3	-2.956																																												
4	2.325	-4.017																																												
5	2.35	-5.677																																												
6	2.375	-8.197																																												
7	2.4	-11.09																																												
8	2.425	-11.1																																												
9	2.45	-8.543																																												
10	2.475	-6.402																																												
11	2.5	-5.004																																												
12	2.525	-4.106																																												
13	2.55	-3.514																																												

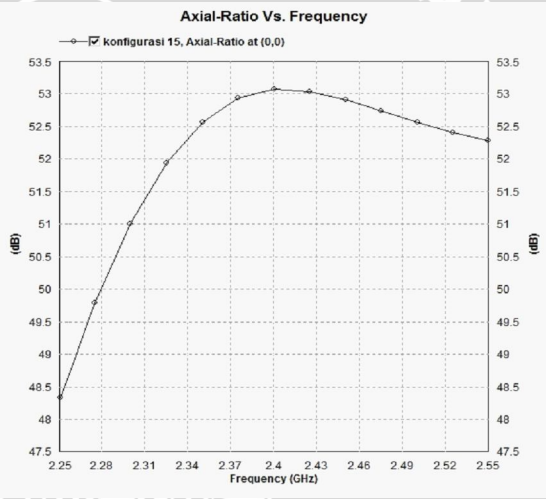
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.15 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 15 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.15b Gain Konfigurasi 15	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-6.145</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-4.732</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-3.19</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-1.639</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-0.23</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>0.971</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>1.794</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>2.148</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>2.108</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>1.815</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>1.396</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>0.898</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>0.404</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-6.145	2	2.275	-4.732	3	2.3	-3.19	4	2.325	-1.639	5	2.35	-0.23	6	2.375	0.971	7	2.4	1.794	8	2.425	2.148	9	2.45	2.108	10	2.475	1.815	11	2.5	1.396	12	2.525	0.898	13	2.55	0.404	 <p data-bbox="1024 1096 1577 1123">Grafik 5.58 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 15</p>	1.794 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-6.145																																												
2	2.275	-4.732																																												
3	2.3	-3.19																																												
4	2.325	-1.639																																												
5	2.35	-0.23																																												
6	2.375	0.971																																												
7	2.4	1.794																																												
8	2.425	2.148																																												
9	2.45	2.108																																												
10	2.475	1.815																																												
11	2.5	1.396																																												
12	2.525	0.898																																												
13	2.55	0.404																																												

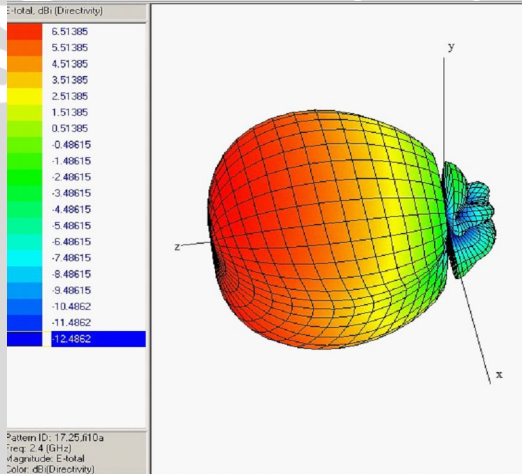
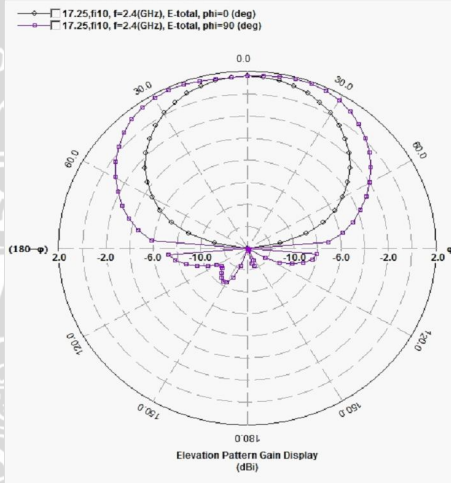
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.15 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 15 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="989 1114 1612 1141">Grafik 5.59 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 15</p> <table border="1" data-bbox="1719 1114 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-1.23</td> <td>-1.19</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-1.23	-1.19	53.06 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-1.23	-1.19							

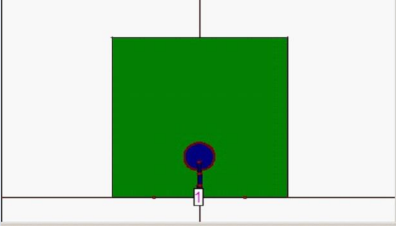
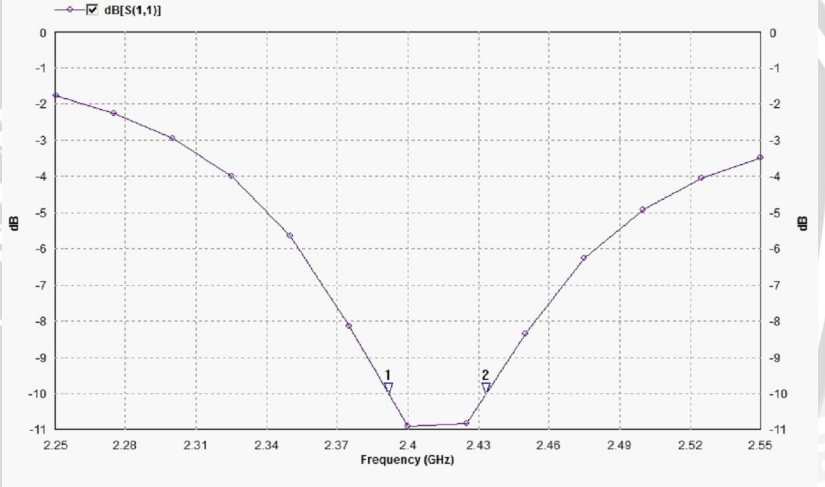
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 4.18 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 15 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p data-bbox="695 1013 835 1057">E-total, dBi (Directivity) 6.51385 5.51385 4.51385 3.51385 2.51385 1.51385 0.51385 -0.48615 -1.48615 -2.48615 -3.48615 -4.48615 -5.48615 -6.48615 -7.48615 -8.48615 -9.48615 -10.4862 -11.4862 -12.4862</p> <p data-bbox="695 1013 835 1057">Pattern ID: 17.25.f10a freq: 2.4 (GHz) Magnitude: E-total Color: dBi (Directivity)</p> <p data-bbox="695 1073 1073 1094">Gambar 5.30 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 15</p> <p data-bbox="1115 1073 1633 1117">Grafik 5.60 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 15</p>	Unidirectional

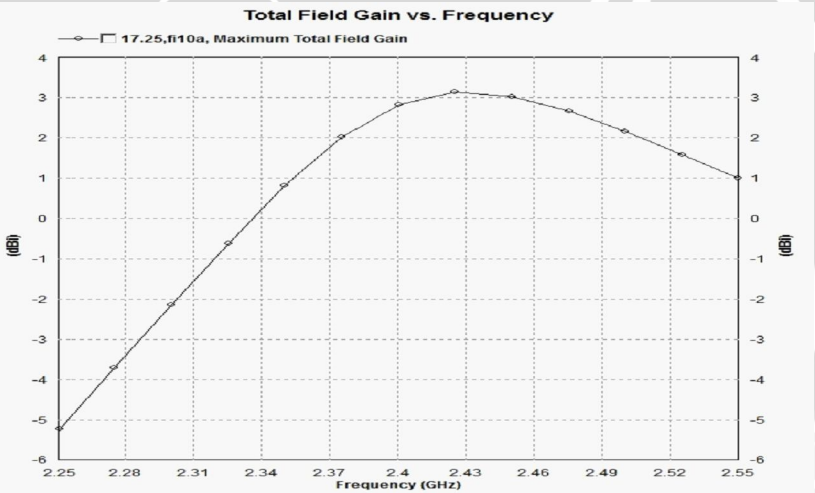
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.16 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 16

No	Gambar	Tabel 5.16a RL Konfigurasi 16	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1122">Gambar 5.31 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 16</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-1.786</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-2.249</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-2.937</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-3.993</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-5.645</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.139</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-10.9</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-10.81</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.334</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-6.269</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-4.916</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-4.047</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-3.473</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-1.786	2	2.275	-2.249	3	2.3	-2.937	4	2.325	-3.993	5	2.35	-5.645	6	2.375	-8.139	7	2.4	-10.9	8	2.425	-10.81	9	2.45	-8.334	10	2.475	-6.269	11	2.5	-4.916	12	2.525	-4.047	13	2.55	-3.473	 <p data-bbox="1031 1078 1570 1109">Grafik 5.61 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 16</p>	<p data-bbox="1719 526 1881 557">$f_2 = 2.435 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1719 591 1881 621">$f_1 = 2.390 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1719 889 1881 948">Bandwidth = 45 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-1.786																																												
2	2.275	-2.249																																												
3	2.3	-2.937																																												
4	2.325	-3.993																																												
5	2.35	-5.645																																												
6	2.375	-8.139																																												
7	2.4	-10.9																																												
8	2.425	-10.81																																												
9	2.45	-8.334																																												
10	2.475	-6.269																																												
11	2.5	-4.916																																												
12	2.525	-4.047																																												
13	2.55	-3.473																																												

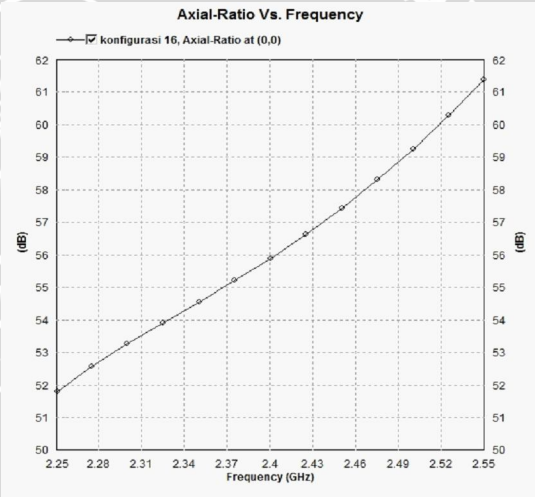
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.16 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 16 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.16b Gain Konfigurasi 16	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-5.151</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-3.689</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-2.168</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.637</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>0.743</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>2.021</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>2.816</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>3.121</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>3.015</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>2.641</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>2.138</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>1.56</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>1.01</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-5.151	2	2.275	-3.689	3	2.3	-2.168	4	2.325	-0.637	5	2.35	0.743	6	2.375	2.021	7	2.4	2.816	8	2.425	3.121	9	2.45	3.015	10	2.475	2.641	11	2.5	2.138	12	2.525	1.56	13	2.55	1.01	 <p data-bbox="1024 1096 1575 1128">Grafik 5.62 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 16</p>	2.816 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-5.151																																												
2	2.275	-3.689																																												
3	2.3	-2.168																																												
4	2.325	-0.637																																												
5	2.35	0.743																																												
6	2.375	2.021																																												
7	2.4	2.816																																												
8	2.425	3.121																																												
9	2.45	3.015																																												
10	2.475	2.641																																												
11	2.5	2.138																																												
12	2.525	1.56																																												
13	2.55	1.01																																												

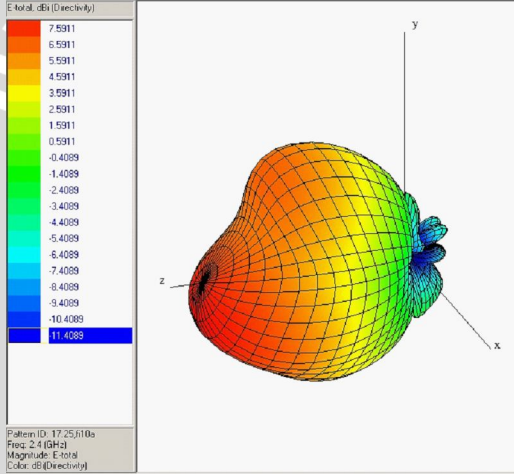
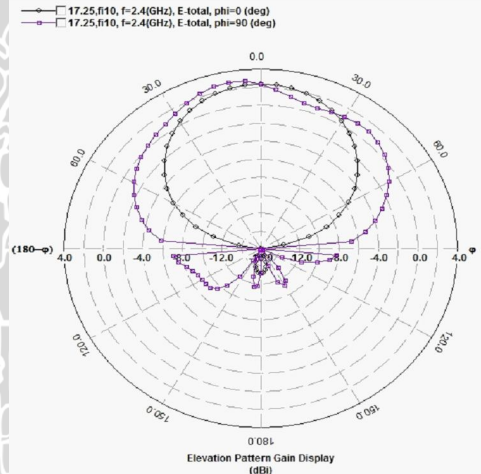
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.16 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 16 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="989 1112 1612 1141">Grafik 5.63 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 16</p>	<p data-bbox="1759 873 1850 902">55.89 dB</p> <table border="1" data-bbox="1724 1112 1881 1239"> <tr> <td>LHCP Gain (dBi)</td> <td>RHCP Gain (dBi)</td> </tr> <tr> <td>-0.17</td> <td>-0.14</td> </tr> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-0.17	-0.14
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-0.17	-0.14							

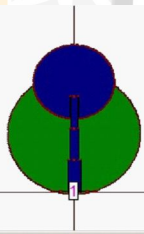
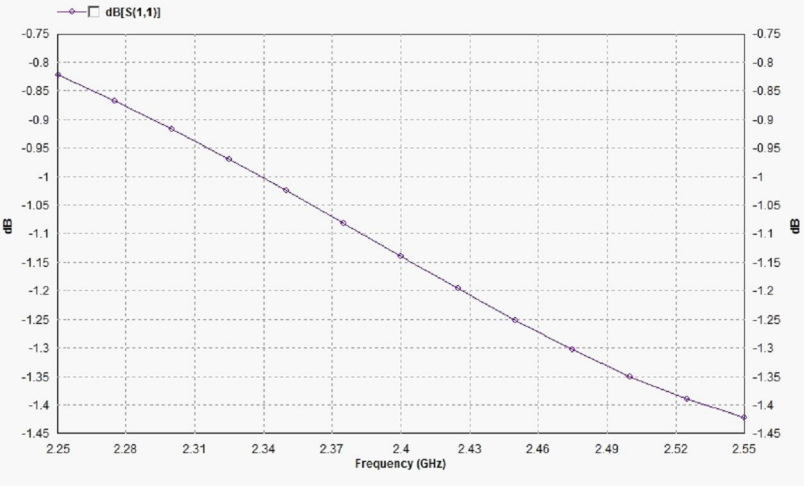
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.16 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 16 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.32 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 16 Grafik 5.64 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 16</p>	Unidirectional

Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.17 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 17

No	Gambar	Tabel 5.17a RL Konfigurasi 17	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1122">Gambar 5.33 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 17</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-0.8223</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-0.8683</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-0.9177</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.9701</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-1.025</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-1.082</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-1.139</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-1.196</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-1.251</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.303</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.35</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.39</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.421</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-0.8223	2	2.275	-0.8683	3	2.3	-0.9177	4	2.325	-0.9701	5	2.35	-1.025	6	2.375	-1.082	7	2.4	-1.139	8	2.425	-1.196	9	2.45	-1.251	10	2.475	-1.303	11	2.5	-1.35	12	2.525	-1.39	13	2.55	-1.421	 <p data-bbox="1031 1078 1566 1109">Grafik 5.65 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 17</p>	<p data-bbox="1738 521 1864 552">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1738 586 1864 617">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1730 889 1873 948">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-0.8223																																												
2	2.275	-0.8683																																												
3	2.3	-0.9177																																												
4	2.325	-0.9701																																												
5	2.35	-1.025																																												
6	2.375	-1.082																																												
7	2.4	-1.139																																												
8	2.425	-1.196																																												
9	2.45	-1.251																																												
10	2.475	-1.303																																												
11	2.5	-1.35																																												
12	2.525	-1.39																																												
13	2.55	-1.421																																												

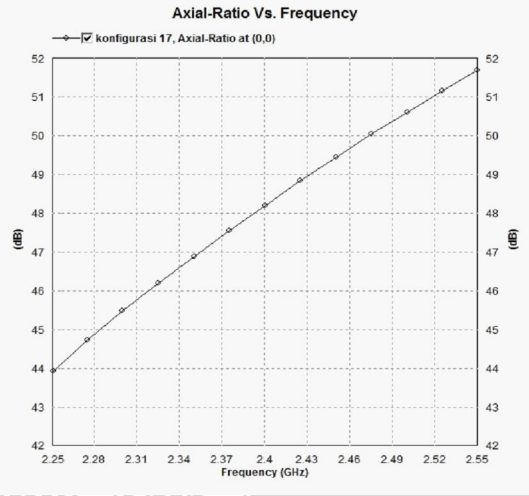
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.17 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 17 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.17b Gain Konfigurasi 17	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-10.792</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-10.592</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-10.391</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-10.197</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-10.018</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-9.844</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-9.69</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-9.56</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-9.452</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-9.367</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-9.314</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-9.29</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-9.3</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-10.792	2	2.275	-10.592	3	2.3	-10.391	4	2.325	-10.197	5	2.35	-10.018	6	2.375	-9.844	7	2.4	-9.69	8	2.425	-9.56	9	2.45	-9.452	10	2.475	-9.367	11	2.5	-9.314	12	2.525	-9.29	13	2.55	-9.3	<p style="text-align: center;">Grafik 5.66 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 17</p>	-9.69 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-10.792																																												
2	2.275	-10.592																																												
3	2.3	-10.391																																												
4	2.325	-10.197																																												
5	2.35	-10.018																																												
6	2.375	-9.844																																												
7	2.4	-9.69																																												
8	2.425	-9.56																																												
9	2.45	-9.452																																												
10	2.475	-9.367																																												
11	2.5	-9.314																																												
12	2.525	-9.29																																												
13	2.55	-9.3																																												

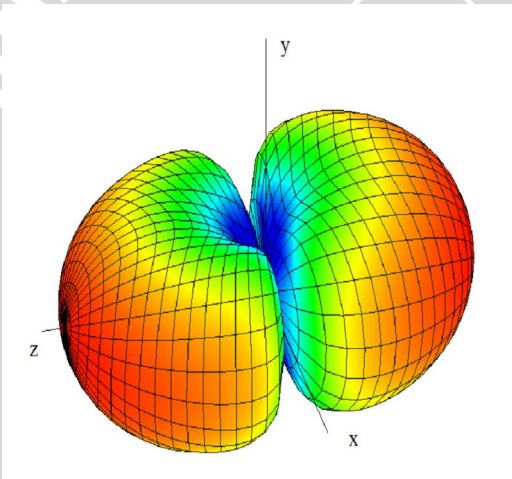
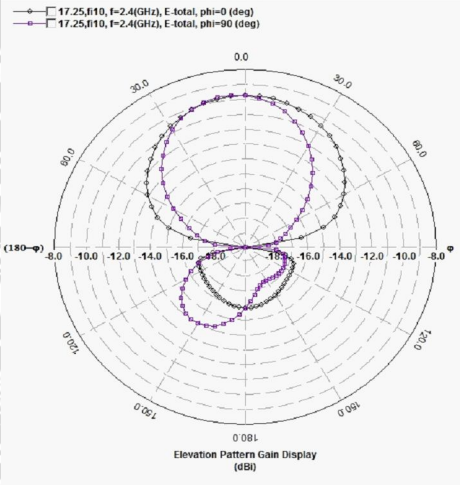
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.17 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 17 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p data-bbox="989 1114 1612 1141">Grafik 5.67 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 17</p> <table border="1" data-bbox="1717 1114 1881 1240"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-12.54</td> <td>-12.6</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-12.54	-12.6	48.21 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-12.54	-12.6							

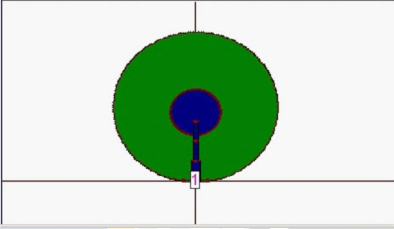
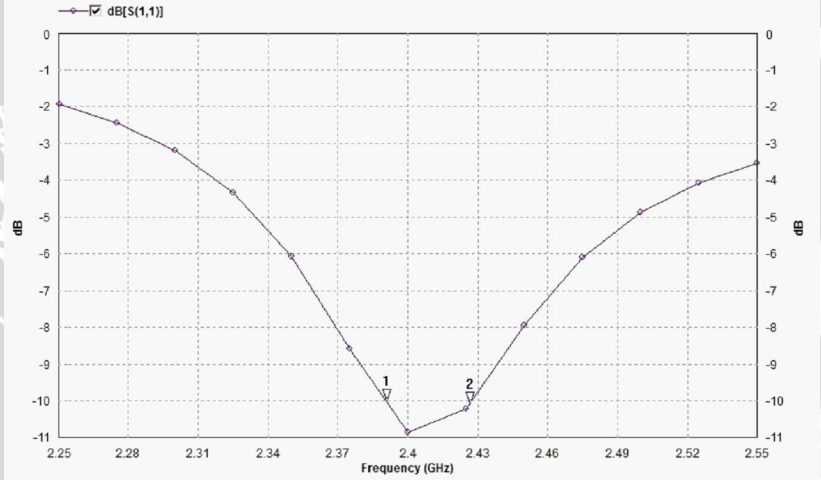
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.17 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 17 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		  <p>Gambar 5.34 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 17 Grafik 5.68 <i>Gain Pattern</i> terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 17</p>	Unidirectional

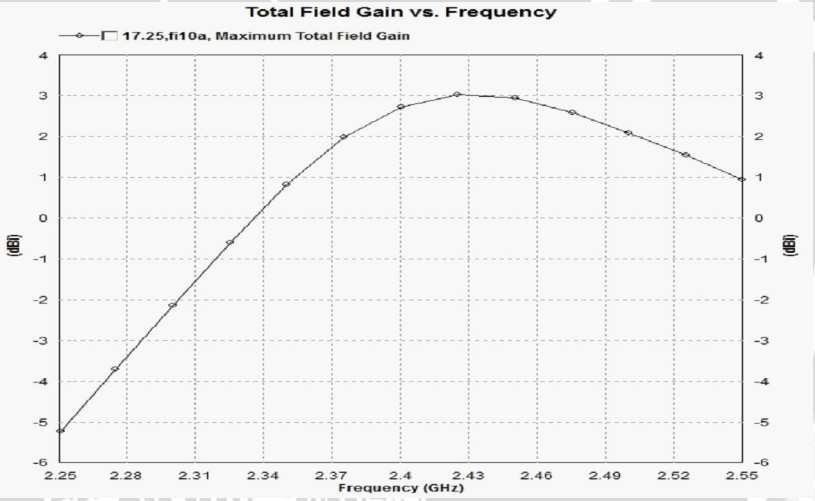
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.18 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 18

No	Gambar	Tabel 5.18a <i>RL</i> Konfigurasi 18	Grafik <i>RL</i>	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 638 1123">Gambar 5.35 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 18</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th><i>RL</i> [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-1.933</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-2.441</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-3.192</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-4.334</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-6.083</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-8.575</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-10.85</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-10.2</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-7.934</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-6.104</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-4.882</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-4.076</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-3.529</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	<i>RL</i> [S(1,1)]	1	2.25	-1.933	2	2.275	-2.441	3	2.3	-3.192	4	2.325	-4.334	5	2.35	-6.083	6	2.375	-8.575	7	2.4	-10.85	8	2.425	-10.2	9	2.45	-7.934	10	2.475	-6.104	11	2.5	-4.882	12	2.525	-4.076	13	2.55	-3.529	 <p data-bbox="1033 1078 1566 1107">Grafik 5.69 <i>RL</i> terhadap Frekuensi Konfigurasi 18</p>	<p data-bbox="1717 522 1887 552">$f_2 = 2.426 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1717 587 1887 617">$f_1 = 2.390 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1717 889 1887 948">Bandwidth = 36 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	<i>RL</i> [S(1,1)]																																												
1	2.25	-1.933																																												
2	2.275	-2.441																																												
3	2.3	-3.192																																												
4	2.325	-4.334																																												
5	2.35	-6.083																																												
6	2.375	-8.575																																												
7	2.4	-10.85																																												
8	2.425	-10.2																																												
9	2.45	-7.934																																												
10	2.475	-6.104																																												
11	2.5	-4.882																																												
12	2.525	-4.076																																												
13	2.55	-3.529																																												

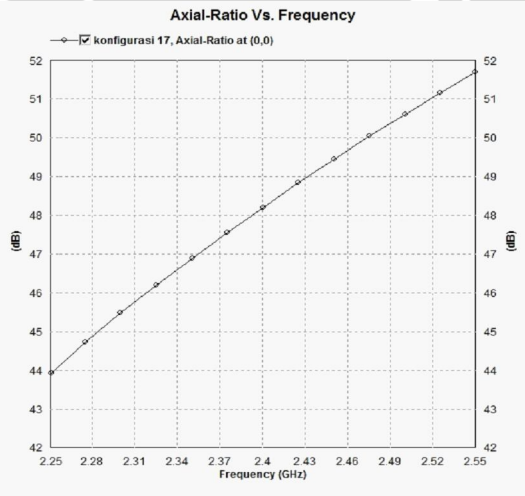
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.18 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 18 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.18b Gain Konfigurasi 18	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
2		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-5.184</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-3.73</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-2.166</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-0.613</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>0.782</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>1.978</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>2.713</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>2.998</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>2.924</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>2.56</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>2.086</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>1.524</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>0.967</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-5.184	2	2.275	-3.73	3	2.3	-2.166	4	2.325	-0.613	5	2.35	0.782	6	2.375	1.978	7	2.4	2.713	8	2.425	2.998	9	2.45	2.924	10	2.475	2.56	11	2.5	2.086	12	2.525	1.524	13	2.55	0.967	 <p data-bbox="1024 1096 1575 1128">Grafik 5.70 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 18</p>	2.713 dBi
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-5.184																																												
2	2.275	-3.73																																												
3	2.3	-2.166																																												
4	2.325	-0.613																																												
5	2.35	0.782																																												
6	2.375	1.978																																												
7	2.4	2.713																																												
8	2.425	2.998																																												
9	2.45	2.924																																												
10	2.475	2.56																																												
11	2.5	2.086																																												
12	2.525	1.524																																												
13	2.55	0.967																																												

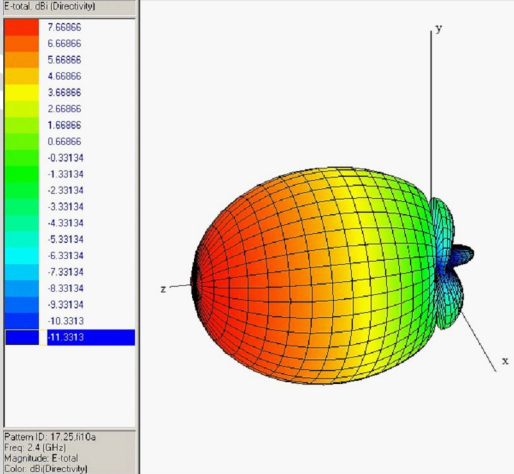
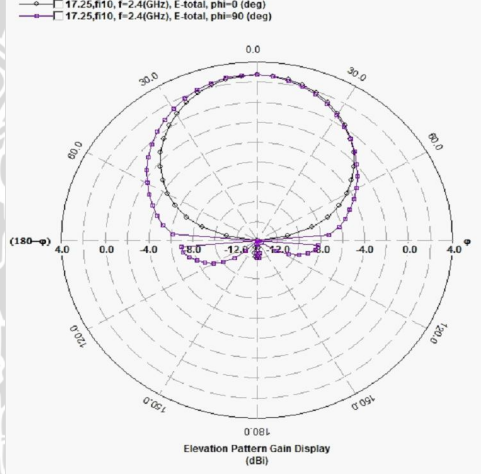
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.18 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 18 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	 <p>Grafik 5.70 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 18</p>	<p>55.64 dB</p> <table border="1" data-bbox="1719 1114 1881 1239"> <tr> <td>LHCP Gain (dBi)</td> <td>RHCP Gain (dBi)</td> </tr> <tr> <td>-0.3</td> <td>-0.27</td> </tr> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-0.3	-0.27
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-0.3	-0.27							

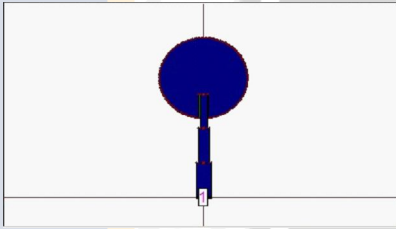
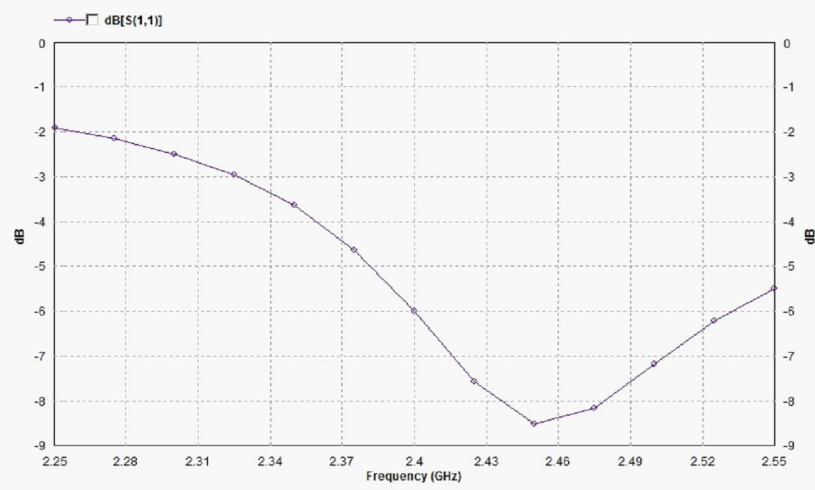
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.18 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 18 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
4		 <p>Gambar 5.36 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 18</p>  <p>Grafik 5.72 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 18</p>	Unidirectional

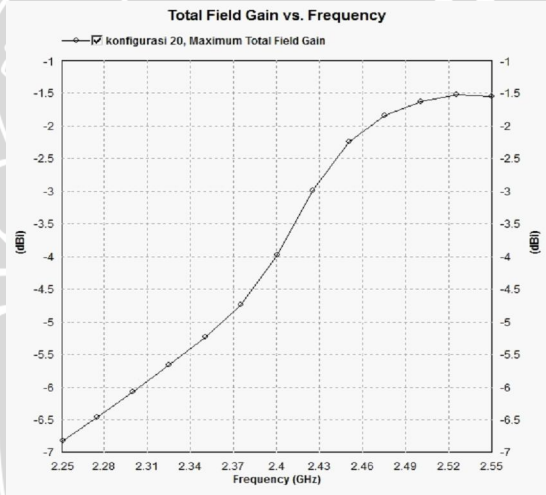
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.19 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Circular Patch* dengan Konfigurasi 20

No	Gambar	Tabel 5.19a RL Konfigurasi 20	Grafik RL	Bandwidth $f_2 - f_1$																																										
1	 <p data-bbox="289 1068 640 1123">Gambar 5.37 Bentuk Antena Mikrostrip <i>Circular Patch</i> dengan Konfigurasi 20</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>RL [S(1,1)]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-1.904</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-2.155</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-2.494</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-2.967</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-3.646</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-4.635</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-6.005</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-7.569</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-8.513</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-8.168</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-7.166</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-6.215</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-5.492</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]	1	2.25	-1.904	2	2.275	-2.155	3	2.3	-2.494	4	2.325	-2.967	5	2.35	-3.646	6	2.375	-4.635	7	2.4	-6.005	8	2.425	-7.569	9	2.45	-8.513	10	2.475	-8.168	11	2.5	-7.166	12	2.525	-6.215	13	2.55	-5.492	 <p data-bbox="1029 1079 1564 1112">Grafik 5.73 RL terhadap Frekuensi Konfigurasi 20</p>	<p data-bbox="1732 519 1858 552">$f_2 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1732 584 1858 617">$f_1 = 0 \text{ GHz}$</p> <p data-bbox="1732 893 1879 950">Bandwidth = 0 MHz</p>
No	Frekuensi (GHz)	RL [S(1,1)]																																												
1	2.25	-1.904																																												
2	2.275	-2.155																																												
3	2.3	-2.494																																												
4	2.325	-2.967																																												
5	2.35	-3.646																																												
6	2.375	-4.635																																												
7	2.4	-6.005																																												
8	2.425	-7.569																																												
9	2.45	-8.513																																												
10	2.475	-8.168																																												
11	2.5	-7.166																																												
12	2.525	-6.215																																												
13	2.55	-5.492																																												

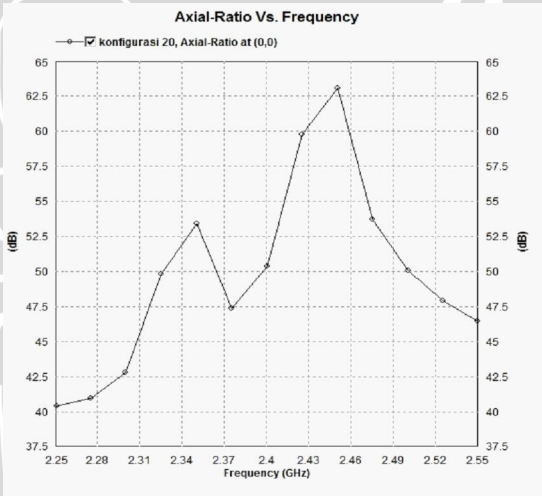
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.19 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 20 (Lanjutan)

No	Gambar	Tabel 5.19b Gain Konfigurasi 20	Grafik Gain	Gain pada 2.4 GHz																																										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Frekuensi (GHz)</th> <th>Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.25</td><td>-6.81</td></tr> <tr><td>2</td><td>2.275</td><td>-6.46</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.3</td><td>-6.09</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.325</td><td>-5.65</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.35</td><td>-5.2</td></tr> <tr><td>6</td><td>2.375</td><td>-4.72</td></tr> <tr><td>7</td><td>2.4</td><td>-3.98</td></tr> <tr><td>8</td><td>2.425</td><td>-2.98</td></tr> <tr><td>9</td><td>2.45</td><td>-2.24</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.475</td><td>-1.84</td></tr> <tr><td>11</td><td>2.5</td><td>-1.63</td></tr> <tr><td>12</td><td>2.525</td><td>-1.52</td></tr> <tr><td>13</td><td>2.55</td><td>-1.55</td></tr> </tbody> </table>	No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)	1	2.25	-6.81	2	2.275	-6.46	3	2.3	-6.09	4	2.325	-5.65	5	2.35	-5.2	6	2.375	-4.72	7	2.4	-3.98	8	2.425	-2.98	9	2.45	-2.24	10	2.475	-1.84	11	2.5	-1.63	12	2.525	-1.52	13	2.55	-1.55	 <p data-bbox="1024 1094 1577 1125">Grafik 5.74 Gain terhadap Frekuensi Konfigurasi 20</p>	<p data-bbox="1759 857 1850 888">-3.98 dBi</p>
No	Frekuensi (GHz)	Gain (dBi)																																												
1	2.25	-6.81																																												
2	2.275	-6.46																																												
3	2.3	-6.09																																												
4	2.325	-5.65																																												
5	2.35	-5.2																																												
6	2.375	-4.72																																												
7	2.4	-3.98																																												
8	2.425	-2.98																																												
9	2.45	-2.24																																												
10	2.475	-1.84																																												
11	2.5	-1.63																																												
12	2.525	-1.52																																												
13	2.55	-1.55																																												

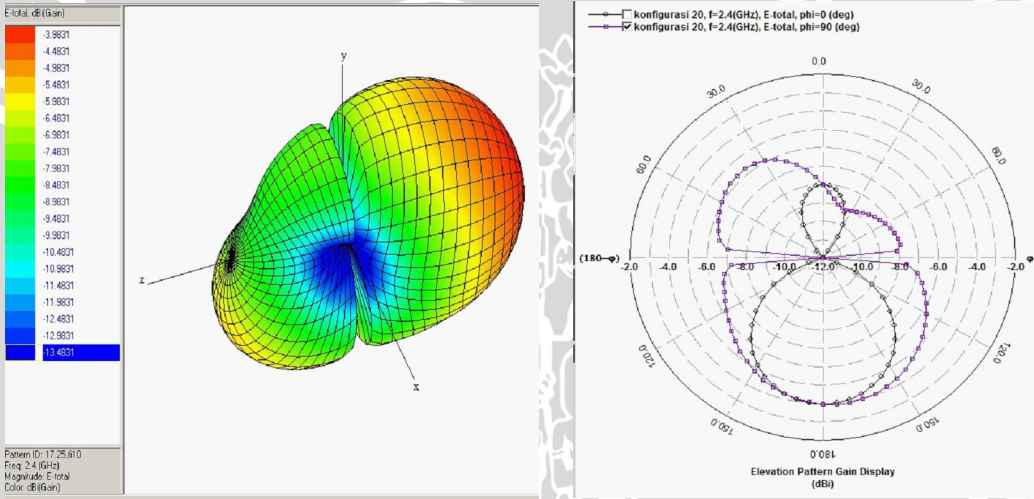
Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.19 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 20 (Lanjutan)

No	Gambar	Bentuk Polarisasi pada Frekuensi 2.4 GHz	Grafik Axial Ratio	Axial Ratio pada 2.4 GHz				
3		Polarisasi Linier	<p data-bbox="1203 586 1394 602">Axial-Ratio Vs. Frequency</p>  <p data-bbox="993 1114 1612 1138">Grafik 5.75 Axial Ratio terhadap Frekuensi Konfigurasi 20</p> <table border="1" data-bbox="1719 1114 1881 1239"> <thead> <tr> <th>LHCP Gain (dBi)</th> <th>RHCP Gain (dBi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-6.98</td> <td>-6.99</td> </tr> </tbody> </table>	LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)	-6.98	-6.99	50.38 dB
LHCP Gain (dBi)	RHCP Gain (dBi)							
-6.98	-6.99							

Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

Tabel 5.19 Tabulasi Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Konfigurasi 20 (Lanjutan)

No	Gambar	Gambar dan Grafik Pola Radiasi pada 2.4 GHz 3 D 2 D	Jenis Pola Radiasi
		 <p>Gambar 5.38 Pola Radiasi (3D) Konfigurasi 20</p> <p>Grafik 5.76 Gain Pattern terhadap Sudut Elevasi/Pola Radiasi (2D) Konfigurasi 20</p>	Unidirectional

Sumber Tabel, Grafik dan Gambar : Simulasi

5.2.1 Analisis Hasil Simulasi Pengaruh Ukuran *Finite Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*

Ukuran *finite ground plane* berpengaruh terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch*. Perlakuan perubahan terhadap variabel ukuran *finite ground plane* beserta analisisnya sebagai berikut :

1. Panjang *finite ground plane* tetap ($p = 0.4 \lambda_0$) dan lebar bertambah ke arah bawah.

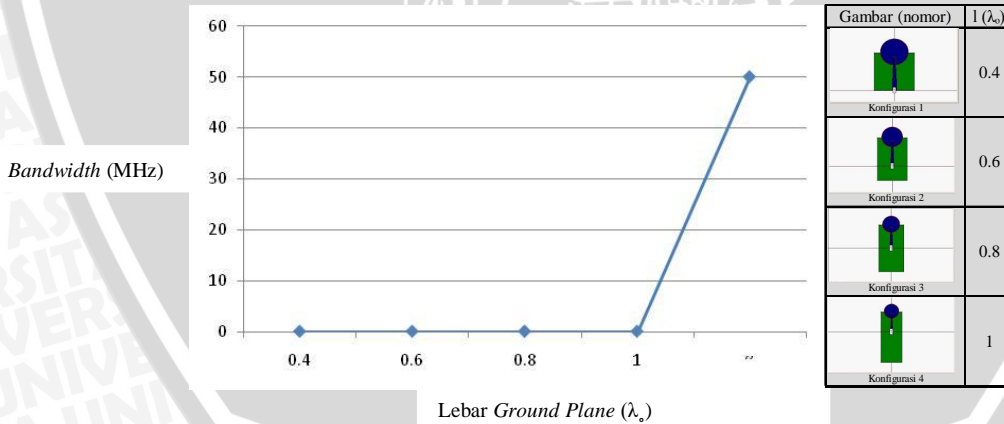
Tabel 5.20 Pengaruh Ukuran *Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*
Variabel : *Ground plane* persegi dengan panjang tetap ($p=0.4 \lambda_0$), lebar bertambah ke arah bawah

No	Konfigurasi	Ukuran <i>Ground Plane</i>		<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz (dBi)	Polarisasi		Bentuk Pola Radiasi	<i>Beamwidth</i> - 3 dB		F/B (dB) Vertikal	F/B (dB) Horizontal
		p (λ_0)	l (λ_0)			Axial Ratio (dB)	Bentuk Polarisasi		Vertikal	Horizontal		
1	Konfigurasi 1	0.4	0.4	0	-9.03	45.99	Linier	Unidirectional	92.83	138.49	9.65	6.48
2	Konfigurasi 2	0.4	0.6	0	-8.802	43.12	Linier	Unidirectional	102.13	147.62	12.8	7.15
3	Konfigurasi 3	0.4	0.8	0	-10.137	43.51	Linier	Unidirectional	137.77	139.37	3.07	8.89
4	Konfigurasi 4	0.4	1	0	-9.283	53.04	Linier	Unidirectional	119.61	155.55	12.08	7.43
5	Konfigurasi Infinite	~	~	50	1.235	59.34	Linier	Unidirectional	170	138.88	19.23	18.93

Sumber : Simulasi

Pada *range* simulasi 2.25 – 2.55 GHz dan frekuensi kerja perencanaan 2.4 GHz, seiring pertambahan lebar *finite ground plane* ke arah bawah memberikan pengaruh terhadap parameter antena sebagai berikut :

- a. Frekuensi resonansi dan *bandwidth*

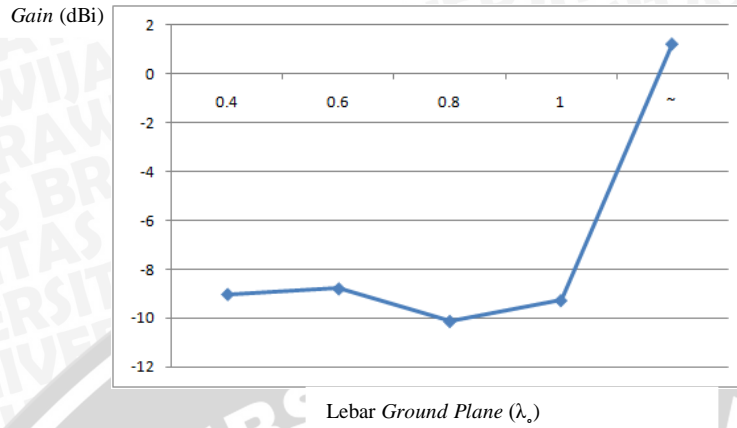


Grafik 5.77 Hubungan *Bandwidth* dengan Pertambahan Lebar *Finite Ground Plane* ke arah bawah

Sumber : Analisis Simulasi

- Terjadi pergeseran frekuensi resonansi sehingga antena mikrostrip tidak dapat bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan (*bandwidth* = 0 MHz).

b. Gain

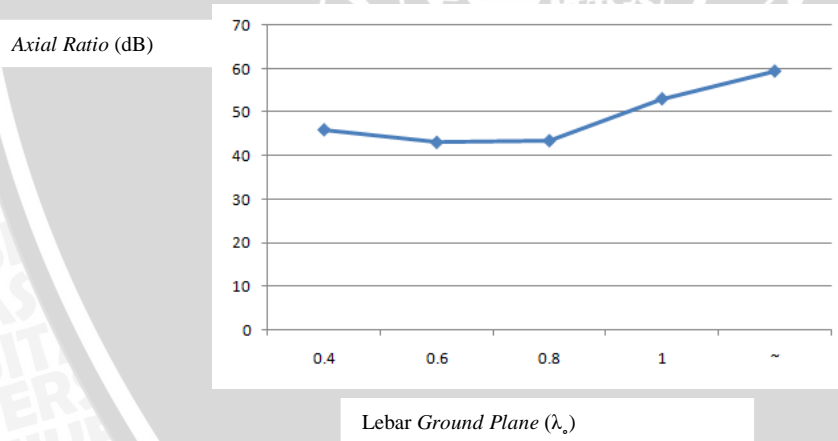


Grafik 5.78 Hubungan Gain dengan Pertambahan Lebar Finite Ground Plane ke arah bawah

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai gain meningkat, kecuali pada ukuran lebar $0.8 \lambda_0$ (konfigurasi 3) nilainya menurun.
- Nilai efisiensi antena kecil karena nilai gain negatif.

c. Polarisasi

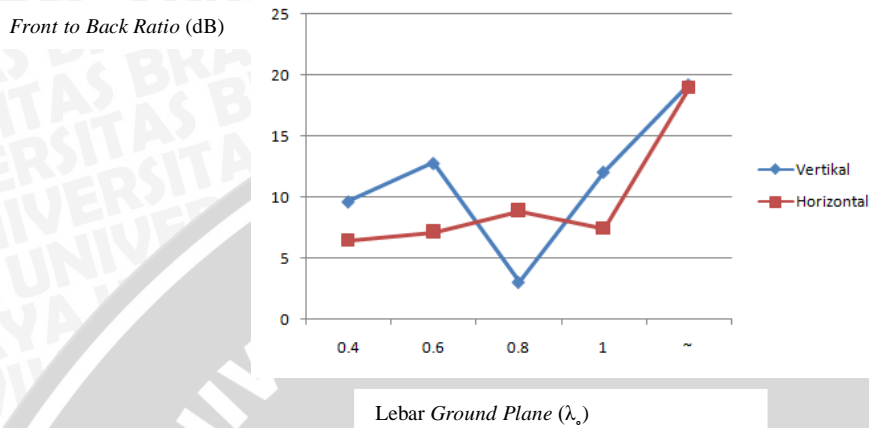


Grafik 5.79 Hubungan Axial Ratio dengan Pertambahan Lebar Finite Ground Plane ke arah bawah

Sumber : Analisis Simulasi

- Polarisasi yang terjadi adalah polarisasi linier.
- Nilai axial ratio meningkat, kecuali pada ukuran lebar $0.6 \lambda_0$ (konfigurasi 2) nilainya menurun.

d. Pola radiasi



Grafik 5.80 Hubungan *Front to Back Ratio* dengan Pertambahan Lebar *Finite Ground Plane* ke arah bawah

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai *front to back ratio* meningkat, kecuali pada lebar $1 \lambda_0$ (konfigurasi 4) nilai *front to back ratio* horizontal dan pada lebar $0.8 \lambda_0$ (konfigurasi 3) nilai *front to back ratio* vertikal menurun.
- Munculnya *minor lobe* pada pancaran radiasi *unidirectional*.
- Pada bidang *E-plane* terjadi pergeseran sudut nilai maksimum *main lobe* sekitar -20° dibandingkan pada saat kondisi *infinite ground plane* (ditunjukkan grafik *gain pattern* 2D pada tabel tabulasi hasil simulasi 5.1 – 5.4).

2. Panjang *finite ground plane* tetap ($p = 0.4 \lambda_0$) dan lebar bertambah ke arah atas.

Tabel 5.21 Pengaruh Ukuran *Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*

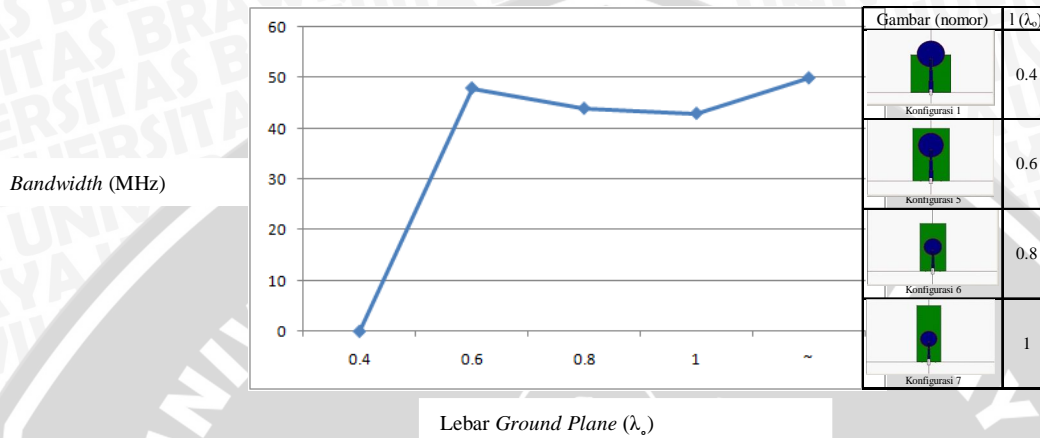
Variabel : *Ground plane* persegi dengan panjang tetap ($p=0.4 \lambda_0$), lebar bertambah ke arah atas

No	Konfigurasi	Ukuran <i>Ground Plane</i>		<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz (dBi)	Polarisasi		Bentuk Pola Radiasi	<i>Beamwidth</i> - 3 dB		F/B (dB) Vertikal	F/B (dB) Horizontal
		$p (\lambda_0)$	$l (\lambda_0)$			Axial Ratio (dB)	Bentuk Polarisasi		Vertikal	Horizontal		
1	Konfigurasi 1	0.4	0.4	0	-9.03	45.99	Linier	Unidirectional	92.83	138.49	9.65	6.48
2	Konfigurasi 5	0.4	0.6	48	2.124	58.82	Linier	Unidirectional	155.81	153.09	11.9	16.98
3	Konfigurasi 6	0.4	0.8	44	1.538	65.41	Linier	Unidirectional	161.1	151.88	15.53	15.26
4	Konfigurasi 7	0.4	1	43	1.026	72.45	Linier	Unidirectional	151.28	144.46	11.46	12.87
5	Konfigurasi Infinite	~	~	50	1.235	59.34	Linier	Unidirectional	170	138.88	19.23	18.93

Sumber : Simulasi

Pada *range* simulasi 2.25 – 2.55 GHz dan frekuensi kerja perencanaan 2.4 GHz, seiring pertambahan lebar *finite ground plane* ke arah atas memberikan pengaruh terhadap parameter antenna sebagai berikut :

a. Frekuensi resonansi dan *bandwidth*

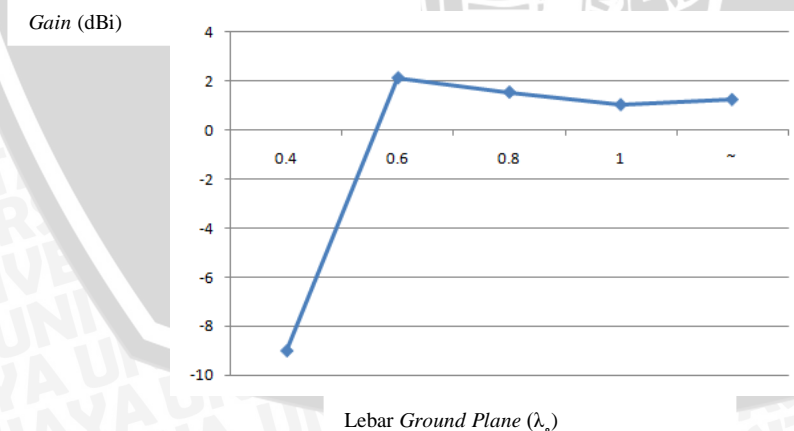


Grafik 5.81 Hubungan *Bandwidth* dengan Pertambahan Lebar *Finite Ground Plane* ke arah atas

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai *bandwidth* menurun pada 0.6 – 1 λ₀ (konfigurasi 2-4) dan pada ukuran lebar 0.4 λ₀ (konfigurasi 1) antenna mengalami pergeseran frekuensi resonansi dan tidak dapat bekerja pada frekuensi yang direncanakan karena *bandwidth* = 0 MHz.

b. *Gain*

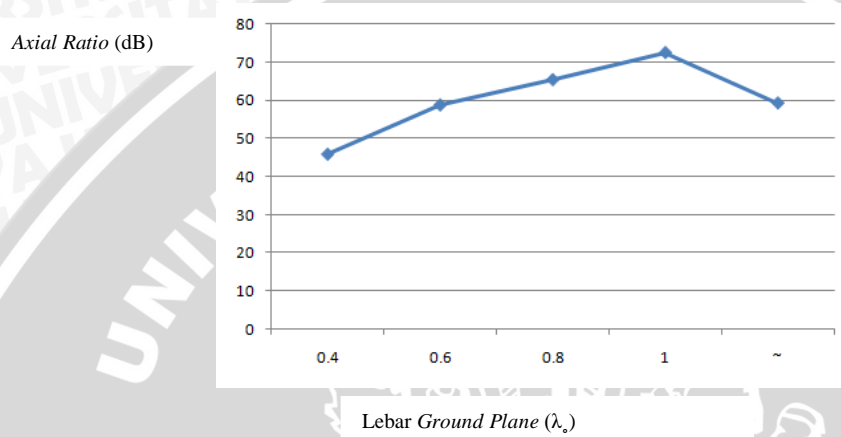


Grafik 5.82 Hubungan *Gain* dengan Pertambahan Lebar *Finite Ground Plane* ke arah atas

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai *gain* menurun dengan efisiensi antena yang cukup besar karena nilai *gain* positif, kecuali pada ukuran lebar $0.4 \lambda_0$ (konfigurasi 1) nilai *gain* negatif dan meningkat hingga ukuran lebar $0.6 \lambda_0$ (konfigurasi 5).

c. Polarisasi

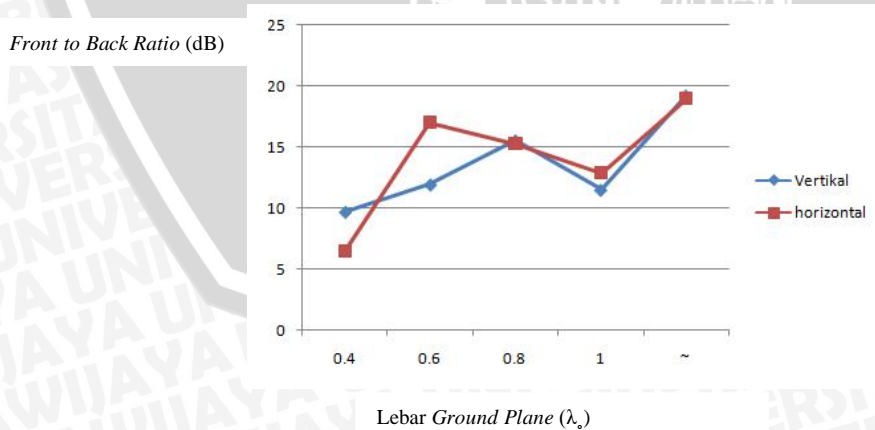


Grafik 5.83 Hubungan *Axial Ratio* dengan Pertambahan Lebar *Finite Ground Plane* ke arah atas

Sumber : Analisis Simulasi

- Polarisasi yang terjadi adalah polarisasi linier.
- Nilai *axial ratio* meningkat.

d. Pola radiasi



Grafik 5.84 Hubungan *Front to Back Ratio* dengan Pertambahan Lebar *Finite Ground Plane* ke arah atas

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai *front to back ratio* meningkat, kecuali pada lebar $1 \lambda_0$ (konfigurasi 7) nilai *front to back ratio* horizontal dan pada lebar $0.8 \lambda_0$ (konfigurasi 6) nilai *front to back ratio* vertikal menurun.
- Munculnya *minor lobe* pada pancaran radiasi *unidirectional*.
- Pada bidang *E-plane* terjadi pergeseran sudut nilai maksimum *main lobe* kurang lebih -20° dibandingkan pada saat kondisi *infinite ground plane* (ditunjukkan pada tabel tabulasi hasil simulasi 5.5 – 5.7).

3. Lebar *finite ground plane* tetap ($p = 0.4 \lambda_0$) dan panjang bertambah ke arah kanan.

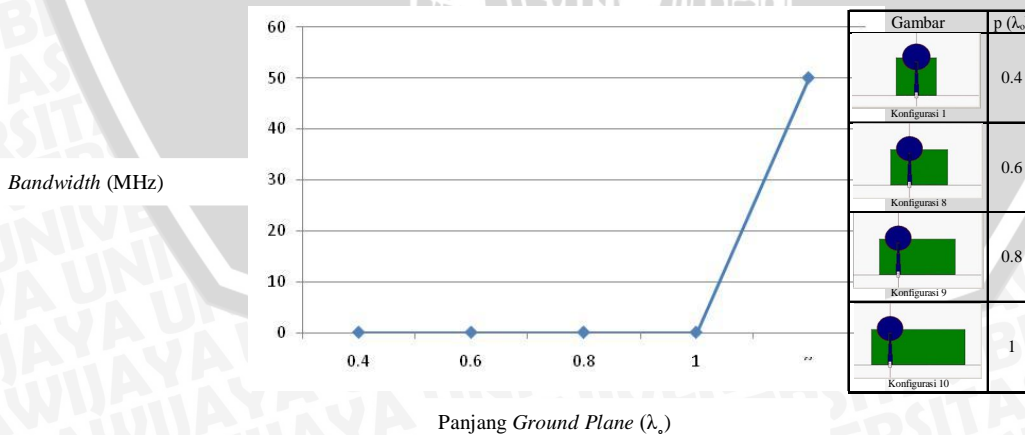
Tabel 5.22 Pengaruh Ukuran *Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*
 Variabel : *Ground plane* persegi dengan lebar tetap ($l=0.4 \lambda_0$), panjang bertambah ke arah kanan

No	Konfigurasi	Ukuran <i>Ground Plane</i>		<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz (dB)	Polarisasi		Bentuk Pola Radiasi	<i>Beamwidth</i> - 3 dB		F/B (dB) Vertikal	F/B (dB) Horizontal
		p (λ_0)	l (λ_0)			Axial Ratio (dB)	Bentuk Polarisasi		Vertikal	Horizontal		
1	Konfigurasi 1	0.4	0.4	0	-9.03	45.99	Linier	Unidirectional	92.83	138.49	9.65	6.48
2	Konfigurasi 8	0.6	0.4	0	-8.67	11.9	Linier	Unidirectional	100.73	155.36	7.43	5.11
3	Konfigurasi 9	0.8	0.4	0	-8.164	8.76	Linier	Unidirectional	29.35	144.84	6.36	7.36
4	Konfigurasi 10	1	0.4	0	-7.385	9.23	Linier	Unidirectional	110.83	140.89	5.84	4.33
5	Konfigurasi Infinite	~	~	50	1.235	59.34	Linier	Unidirectional	170	138.88	19.23	18.93

Sumber : Simulasi

Pada *range* simulasi 2.25 – 2.55 GHz dan frekuensi kerja perencanaan 2.4 GHz, seiring pertambahan panjang *finite ground plane* ke arah kanan memberikan pengaruh terhadap parameter antena sebagai berikut :

a. Frekuensi resonansi dan *bandwidth*



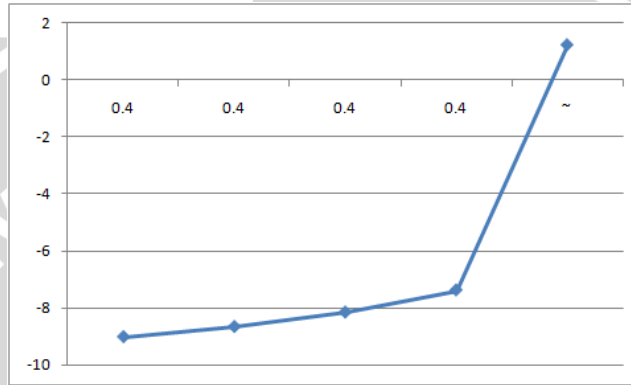
Grafik 5.85 Hubungan *Bandwidth* dengan Pertambahan Panjang *Finite Ground Plane* ke arah kanan

Sumber : Analisis Simulasi

- Terjadi pergeseran frekuensi resonansi sehingga antenna mikrostrip tidak dapat bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan ($bandwidth = 0$ MHz).

b. Gain

Gain (dBi)



Panjang Ground Plane (λ_g)

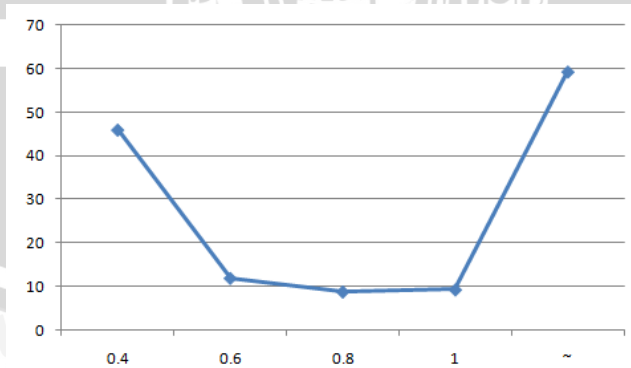
Grafik 5.86 Hubungan *Gain* dengan Pertambahan Panjang *Finite Ground Plane* ke arah kanan

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai *gain* meningkat.
- Nilai efisiensi antenna kecil karena nilai *gain* negatif.

c. Polarisasi

Axial Ratio (dB)



Panjang Ground Plane (λ_g)

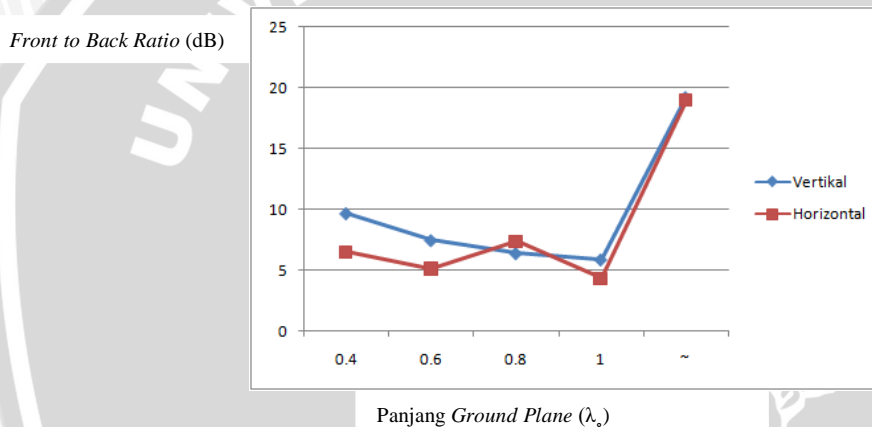
Grafik 5.87 Hubungan *Axial Ratio* dengan Pertambahan Panjang *Finite Ground Plane*

Plane ke arah kanan

Sumber : Analisis Simulasi

- Polarisasi yang terjadi adalah polarisasi linier.
- Nilai *axial ratio* menurun, kecuali pada ukuran panjang $1 \lambda_0$ (konfigurasi 10) meningkat.

d. Pola radiasi



Grafik 5.88 Hubungan *Front to Back Ratio* dengan Pertambahan Panjang *Finite*

Ground Plane ke arah kanan

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai *front to back ratio* menurun, kecuali pada lebar $0.8 \lambda_0$ (konfigurasi 9) nilai *front to back ratio* horizontal meningkat.
- Munculnya *minor lobe* pada pancaran radiasi *unidirectional*.
- Pada bidang *E-plane* terjadi pergeseran sudut nilai maksimum *main lobe* kurang lebih -20° dibandingkan pada saat kondisi *infinite ground plane* (ditunjukkan pada tabel tabulasi hasil simulasi 5.8 – 5.10).

4. Lebar *finite ground plane* tetap ($p = 0.4 \lambda_0$) dan panjang bertambah ke arah kiri.

Tabel 5.23 Pengaruh Ukuran *Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*

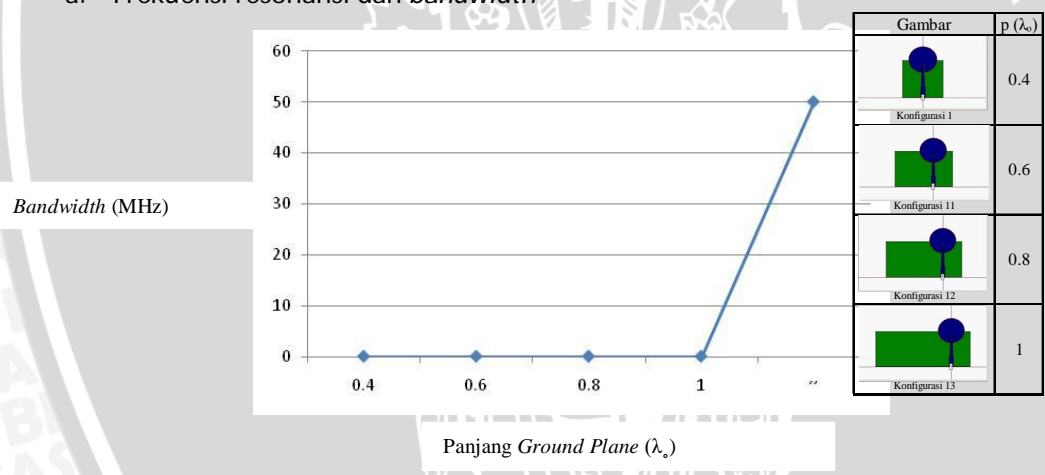
Variabel : *Ground Plane* persegi dengan lebar tetap ($l=0.4 \lambda_0$), panjang bertambah ke arah kiri

No	Konfigurasi	Ukuran <i>Ground Plane</i>		<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz (dBi)	Polarisasi		Bentuk Pola Radiasi	<i>Beamwidth</i> - 3 dB		F/B (dB) Vertikal	F/B (dB) Horizontal
		$p (\lambda_0)$	$l (\lambda_0)$			Axial Ratio (dB)	Bentuk Polarisasi		Vertikal	Horizontal		
1	Konfigurasi 1	0.4	0.4	0	-9.03	45.99	Linier	Unidirectional	92.83	138.49	9.65	6.48
2	Konfigurasi 11	0.6	0.4	0	-8.66	11.85	Linier	Unidirectional	100.31	154.74	7.86	5.34
3	Konfigurasi 12	0.8	0.4	0	-8.104	8.99	Linier	Unidirectional	117.34	146.06	6.54	7.8
4	Konfigurasi 13	1	0.4	0	-7.38	9.32	Linier	Unidirectional	110.26	142.35	5.75	4.41
5	Konfigurasi Infinite	~	~	50	1.235	59.34	Linier	Unidirectional	170	138.88	19.23	18.93

Sumber : Simulasi

Pada *range* simulasi 2.25 – 2.55 GHz dan frekuensi kerja perencanaan 2.4 GHz, seiring pertambahan panjang *finite ground plane* ke arah kanan memberikan pengaruh terhadap parameter antena sebagai berikut :

a. Frekuensi resonansi dan *bandwidth*

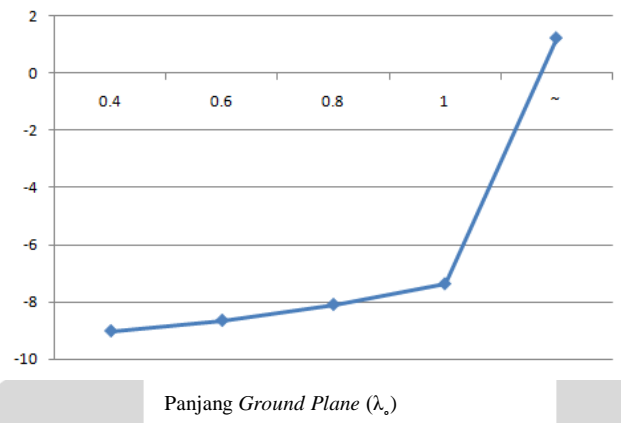


Grafik 5.89 Hubungan *Bandwidth* dengan Pertambahan Panjang *Finite Ground Plane* ke arah kiri

Sumber : Analisis Simulasi

- Terjadi pergeseran frekuensi resonansi sehingga antena mikrostrip tidak dapat bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan (*bandwidth* = 0 MHz).

b. *Gain*
Gain (dBi)

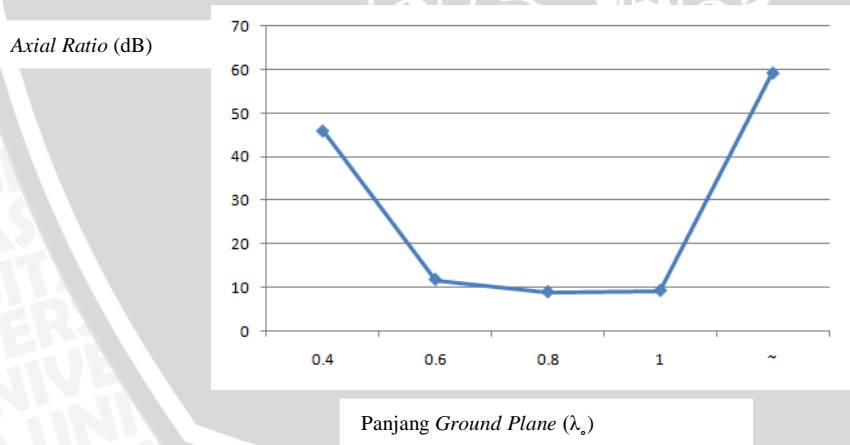


Grafik 5.90 Hubungan *Gain* dengan Pertambahan Panjang *Finite Ground Plane* ke arah kiri

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai *gain* meningkat.
- Efisiensi antena yang kecil karena nilai *gain* negatif.

c. Polarisasi

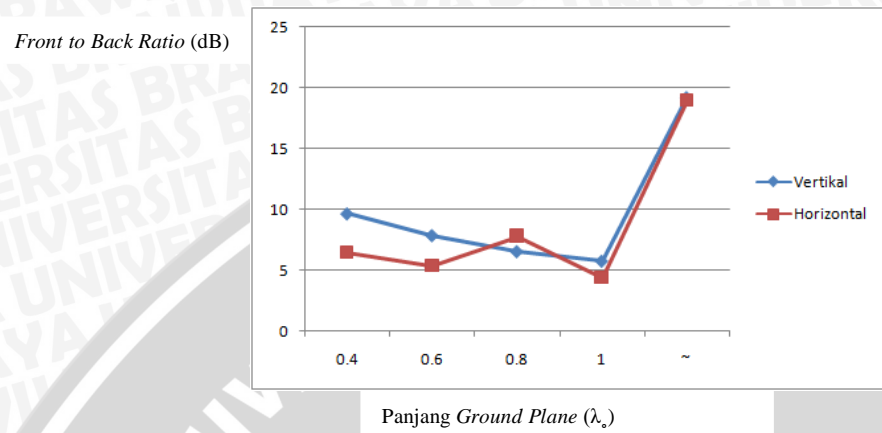


Grafik 5.91 Hubungan *Axial Ratio* dengan Pertambahan Panjang *Finite Ground Plane* ke arah kiri

Sumber : Analisis Simulasi

- Polarisasi yang terjadi adalah polarisasi linier.

- Nilai *axial ratio* meningkat, kecuali pada ukuran panjang $1 \lambda_0$ (konfigurasi 13) meningkat.
- d. Pola radiasi



Grafik 5.92 Hubungan *Front to Back Ratio* dengan Pertambahan Panjang *Finite Ground Plane* ke arah kiri

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai *front to back ratio* menurun, kecuali pada lebar $0.8 \lambda_0$ (konfigurasi 12) nilai *front to back ratio* horizontal meningkat.
- Munculnya *minor lobe* pada pancaran radiasi *unidirectional* dan pada bidang *E-plane* terjadi pergeseran sudut nilai maksimum *main lobe* kurang lebih -20° dibandingkan pada saat kondisi *infinite ground plane* (ditunjukkan pada tabel tabulasi hasil simulasi 5.11 – 5.13).

5.2.2 Analisis Hasil Simulasi Pengaruh Luas *Finite Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*

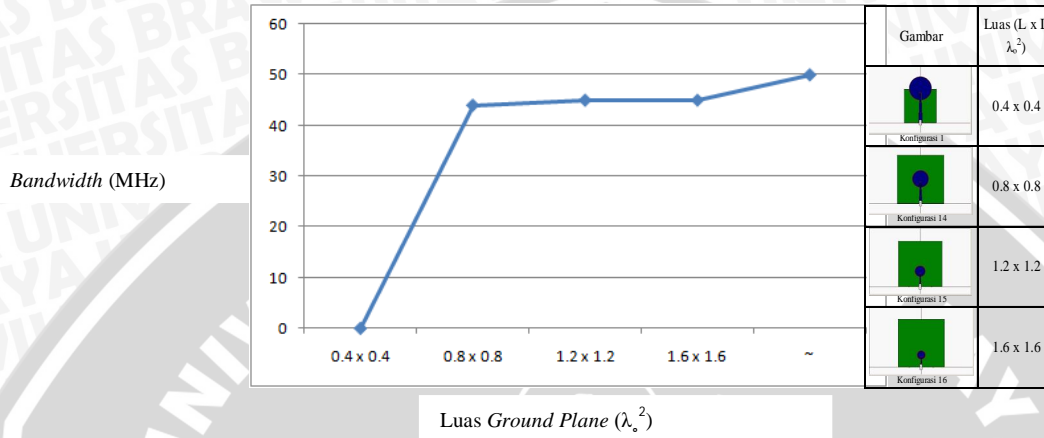
Tabel 5.24 Pengaruh Luas *Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*
 Variabel : *Ground Plane* persegi dengan pertambahan luas, sisi persegi (L) bertambah sebesar $0.4 \lambda_0$

No	Konfigurasi	Luas <i>Ground Plane</i> (λ_0^2)	Bandwidth (MHz)	Gain pada 2.4 GHz (dB)	Polarisasi		Bentuk Pola Radiasi	Beamwidth - 3 dB		F/B (dB) Vertikal	F/B (dB) Horizontal
					Axial Ratio (dB)	Bentuk Polarisasi		Vertikal	Horizontal		
1	Konfigurasi 1	0.4×0.4	0	-9.03	45.99	Linier	Unidirectional	92.83	138.49	9.65	6.48
2	Konfigurasi 14	0.8×0.8	44	2.098	54.57	Linier	Unidirectional	160.69	140	16.09	15.39
3	Konfigurasi 15	1.2×1.2	45	1.794	53.06	Linier	Unidirectional	166.26	133.33	15.28	15.54
4	Konfigurasi 16	1.6×1.6	45	2.816	55.89	Linier	Unidirectional	169.95	129.12	17.2	15.7
5	Konfigurasi Infinite	~	50	1.235	59.34	Linier	Unidirectional	170	138.88	19.23	18.93

Sumber : Simulasi

Pada *range* simulasi 2.25 – 2.55 GHz dan frekuensi kerja perencanaan 2.4 GHz, seiring pertambahan luas *finite ground plane* memberikan pengaruh terhadap parameter antenna sebagai berikut :

a. Frekuensi resonansi dan *bandwidth*

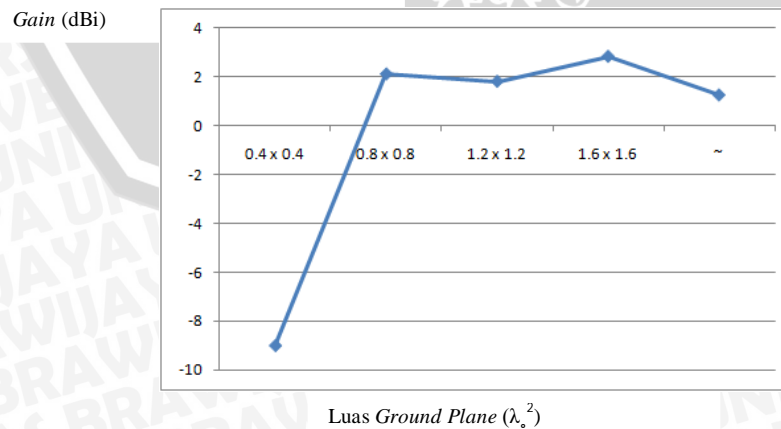


Grafik 5.85 Hubungan *Bandwidth* dengan Pertambahan Luas *Finite Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi

- Pada konfigurasi antenna dengan luas *finite ground plane* yang tidak melingkupi keseluruhan bagian elemen peradiasi (konfigurasi 1), didapatkan pergeseran frekuensi resonansi sehingga antenna tidak dapat bekerja pada frekuensi yang direncanakan (*bandwidth* = 0 MHz).
- Pada konfigurasi antenna dengan luas *finite ground plane* yang melingkupi keseluruhan bagian elemen peradiasi (konfigurasi 14,15 dan 16) frekuensi resonansinya tidak bergeser, nilai *bandwidth* semakin meningkat.

b. *Gain*

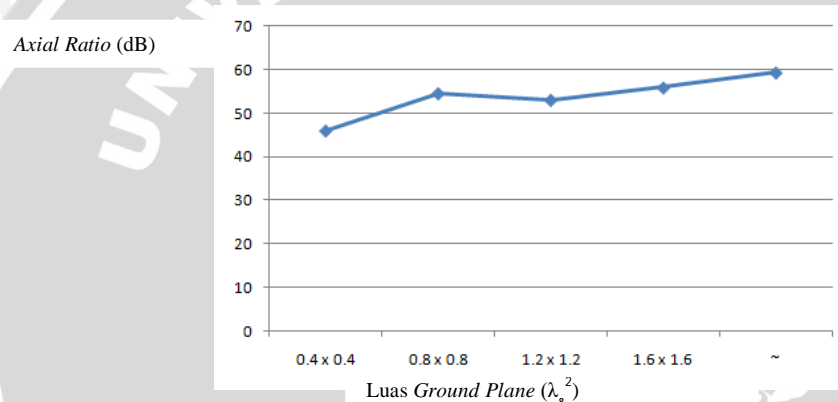


Grafik 5.90 Hubungan *Gain* dengan Pertambahan Luas *Finite Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi

- Pada konfigurasi antena dengan luas *finite ground plane* yang tidak melingkupi keseluruhan bagian elemen peradiasi (konfigurasi 1), nilai *gain* negatif sehingga efisiensi antena semakin kecil.
- Pada konfigurasi antena dengan luas *finite ground plane* yang melingkupi keseluruhan bagian elemen peradiasi (konfigurasi 14,15 dan 16), nilai *gain* meningkat, kecuali pada konfigurasi dengan luas $1.2 \times 1.2 \lambda_0^2$ (konfigurasi 15) nilai *gain* menurun.

c. Polarisasi

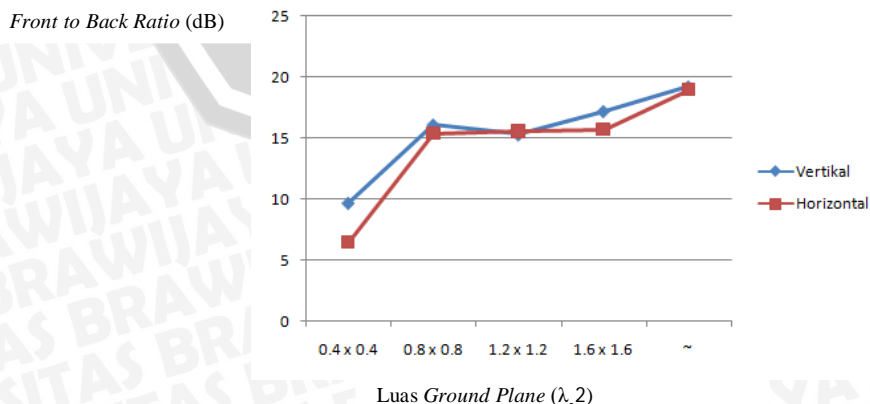


Grafik 5.91 Hubungan *Axial Ratio* dengan Pertambahan Luas *Finite Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi

- Polarisasi yang terjadi adalah polarisasi linier.
- Nilai *axial ratio* meningkat, kecuali pada luas $1.2 \times 1.2 \lambda_0^2$ (konfigurasi 15) nilai *axial ratio* horizontal menurun.

d. Pola radiasi



Grafik 5.92 Hubungan *Front to Back Ratio* dengan Pertambahan Luas *Finite Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi

- Nilai *front to back ratio* meningkat, kecuali pada luas $1.2 \times 1.2 \lambda_0^2$ (konfigurasi 15) nilai *front to back ratio* vertikal menurun.
- Munculnya *minor lobe* pada pancaran radiasi *unidirectional*.
- Pada bidang E-plane terjadi pergeseran sudut nilai maksimum *main lobe* kurang lebih -20° dibandingkan pada saat kondisi *infinite ground plane* (ditunjukkan pada tabel tabulasi hasil simulasi 5.11 – 5.13).

5.2.3 Analisis Hasil Simulasi Pengaruh Bentuk *Finite Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*

Tabel 5.25 Pengaruh Bentuk *Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip *Circular Patch*

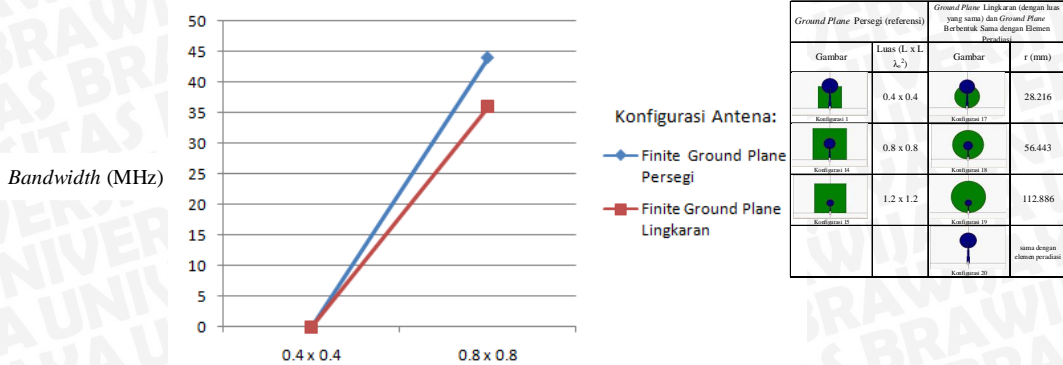
Variabel : *Ground Plane* lingkaran dengan luas dan pertambahan yang sama dengan konfigurasi *ground plane* persegi sebelumnya (konfigurasi 17,18 dan 19) serta *ground plane* berbentuk sama dengan elemen peradiasi (konfigurasi 20)

No	Konfigurasi	Luas <i>Ground Plane</i> (λ_0^2)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> pada 2.4 GHz (dB)	Polarisasi		Bentuk Pola Radiasi	<i>Beamwidth</i> - 3 dB		F/B (dB) Vertikal	F/B (dB) Horizontal
					Axial Ratio (dB)	Bentuk Polarisasi		Vertikal	Horizontal		
1	Konfigurasi 17	0.4 x 0.4	0	-9.69	48.21	Linier	Unidirectional	111.61	150.19	5.98	6.15
2	Konfigurasi 18	0.8 x 0.8	36	2.713	55.64	Linier	Unidirectional	159.07	129.26	14.91	14.9
3	Konfigurasi 19	1.2 x 1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Konfigurasi 20	sama dengan elemen peradiasi	0	-3.98	50.38	Linier	Unidirectional	96.9	60	-0.8	-4.02

Sumber : Simulasi

Pengaruh pertambahan luas pada *finite ground plane* berbentuk lingkaran tidak dapat diamati dengan baik karena konfigurasi dengan luas 1.2×1.2 (konfigurasi 19) program simulator IE3D mengalami *error*. Pada *range* simulasi 2.25 – 2.55 GHz dan frekuensi kerja perencanaan 2.4 GHz, perubahan bentuk *finite ground plane* dari persegi menjadi lingkaran memberikan pengaruh terhadap parameter antenna sebagai berikut :

- Frekuensi resonansi dan *bandwidth*



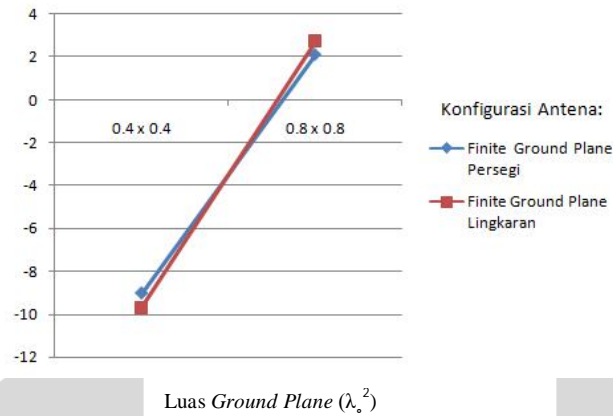
Grafik 5.93 Hubungan *Bandwidth* dengan Perubahan Bentuk *Finite Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi

- Pada konfigurasi antena dengan *finite ground plane* seluas $0.4 \times 0.4 \lambda_0^2$ berbentuk lingkaran yang tidak melingkupi keseluruhan bagian elemen peradiasi, didapatkan pergeseran frekuensi resonansi sehingga antena tidak dapat bekerja pada frekuensi yang direncanakan (*bandwidth* = 0 MHz).
- Pada konfigurasi antena dengan *finite ground plane* seluas $0.8 \times 0.8 \lambda_0^2$ berbentuk lingkaran yang melingkupi keseluruhan bagian elemen peradiasi, frekuensi resonansinya tidak bergeser . Nilai *bandwidth* lebih kecil daripada saat antena dengan *finite ground plane* persegi.

b. *Gain*

Gain (dBi)

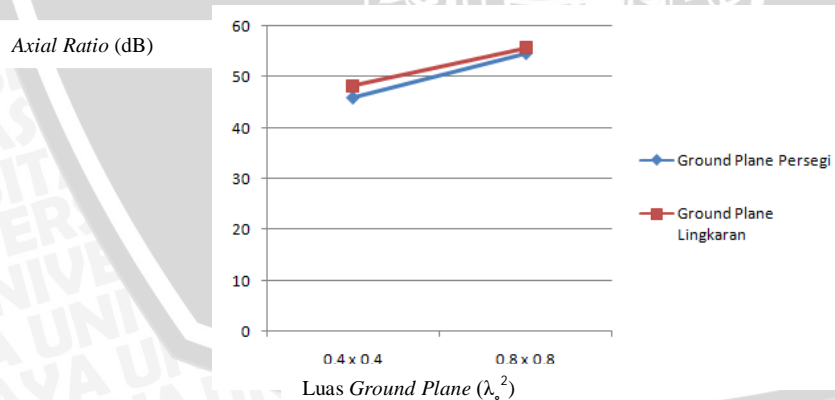


Grafik 5.94 Hubungan *Gain* dengan Perubahan Bentuk *Finite Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi

- Pada konfigurasi antenna dengan *finite ground plane* seluas $0.4 \times 0.4 \lambda_0^2$ berbentuk lingkaran yang tidak melingkupi keseluruhan bagian elemen peradiasi, didapatkan nilai *gain* negatif sehingga efisiensi antenna kecil. Nilai *gain* lebih kecil daripada antenna dengan *finite ground plane* persegi.
- Pada konfigurasi antenna dengan *finite ground plane* seluas $0.8 \times 0.8 \lambda_0^2$ berbentuk lingkaran yang melingkupi keseluruhan bagian elemen peradiasi, didapatkan nilai *gain* positif sehingga efisiensi antenna besar. Nilai *gain* lebih besar daripada antenna dengan *finite ground plane* persegi.

c. Polarisasi

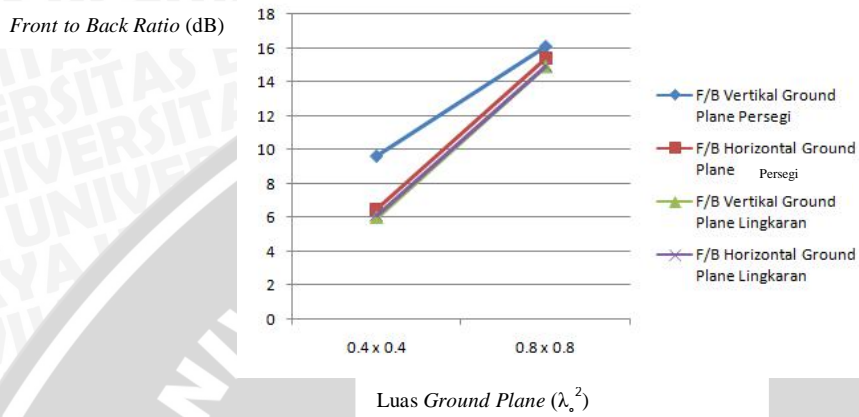


Grafik 5.95 Hubungan *Axial Ratio* dengan Perubahan Bentuk *Finite Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi

- Pada konfigurasi antenna dengan *finite ground plane* berbentuk lingkaran, didapatkan nilai *axial ratio* lebih besar daripada antenna dengan *finite ground plane* persegi, sehingga polarisasinya semakin linier.

d. Pola radiasi



Grafik 5.96 Hubungan *Front to Back Ratio* dengan Perubahan Bentuk *Finite Ground Plane*

Sumber : Analisis Simulasi

- Pada konfigurasi antenna dengan *finite ground plane* berbentuk lingkaran, didapatkan nilai *front to back ratio* lebih kecil daripada antenna dengan *finite ground plane* persegi.

Pada *range* simulasi 2.25 – 2.55 GHz dan frekuensi kerja perencanaan 2.4 GHz, konfigurasi antenna dengan bentuk *finite ground plane* yang sama dengan elemen peradiasi memberikan pengaruh sebagai berikut :

- Terjadi pergeseran frekuensi resonansi sehingga antenna tidak dapat bekerja pada frekuensi yang direncanakan (2.4 GHz).
- Nilai *gain* negatif sehingga efisiensi antenna semakin kecil.
- Nilai *axial ratio* lebih kecil daripada saat kondisi *infinite ground plane*.
- Pola radiasinya *unidirectional* dengan arah pancaran radiasi bagian belakang antenna memiliki daya lebih besar daripada arah pancaran radiasi pada bagian depan. Sehingga nilai *front to back ratio*, baik vertikal maupun horizontal bernilai negatif.

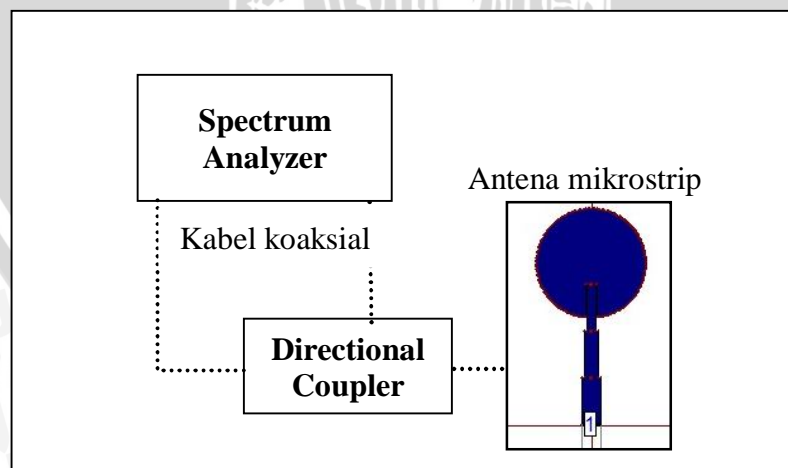
5.3 Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul dan Perhitungan *VSWR*

5.3.1 Alat-alat yang digunakan

1. *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*
2. *Directional Coupler*
3. Antena uji (Antena mikrostrip circular patch dengan finite ground plane)
4. Kabel koaksial RG-58A/U
5. Konektor N *Female*

5.3.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *Spectrum Analyzer GSP-827*
2. Menghubungkan RF *input* pada *Spectrum Analyzer GSP-827* dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG output pada *Spectrum Analyzer GSP-827*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui level daya dari *Tracking Generator (TG)*.
3. Menghubungkan RF *input* pada *Spectrum Analyzer GSP-827* dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG output pada *Spectrum Analyzer GSP-827*. Sedangkan antena uji dihubungkan dengan ujung *directional coupler* yang lainnya, sehingga terbentuk rangkaian seperti pada gambar 5.39.



Gambar 5.39 Rangkaian pengukuran *Return Loss*

Sumber : Pengujian

4. Mengatur alat ukur *Spectrum Analyzer* GSP-827 pada frekuensi 2400 MHz
5. Mencatat nilai level daya yang ditunjukkan oleh alat ukur pada frekuensi 2400 MHz.

5.3.3 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh level daya antenna pada frekuensi 2400 MHz sebesar -47.5 dBm. Untuk mengetahui nilai *return loss*, perlu diketahui besarnya level daya TG dan redaman pada *directional coupler*. Nilai *return loss* minimal diketahui dengan menggunakan persamaan 5.1.

$$RL_{\min} = \text{level daya TG} + RL_{\text{ref}} + \text{DC attenuator} \quad (5.1)$$

Keterangan:

RL_{\min} = *return loss* minimal

level daya TG = level daya dari *Tracking Generator*, sebesar -8 dBm

RL_{ref} = *return loss* referensi, sebesar -10 dB

DC *attenuator* = redaman pada *Directional Coupler*, sebesar -20 dBm

Dari persamaan 5-1 diperoleh *return loss* minimal sebesar:

$$RL_{\min} = \text{level daya TG} + RL_{\text{ref}} + \text{DC attenuator}$$

$$RL_{\min} = -8 + (-10) + (-20)$$

$$RL_{\min} = -38 \text{ dB}$$

Sedangkan untuk *return loss* antenna pada frekuensi 2.4 GHz adalah sebesar:

$$RL_{\text{ant}} = -47.5 - (-28)$$

$$RL_{\text{ant}} = -19,5 \text{ dB}$$

Nilai koefisien pantul dan VSWR dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.4 dan 2.8, sehingga didapatkan nilainya adalah sebagai berikut:

$$RL = 10 \log \Gamma$$

$$-19.5 = 20 \log \Gamma$$

$$-0,975 = \log \Gamma$$

$$\Gamma = 0.105$$

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

$$VSWR = \frac{1 + 0.105}{1 - 0.105}$$

$$VSWR = 1,23$$

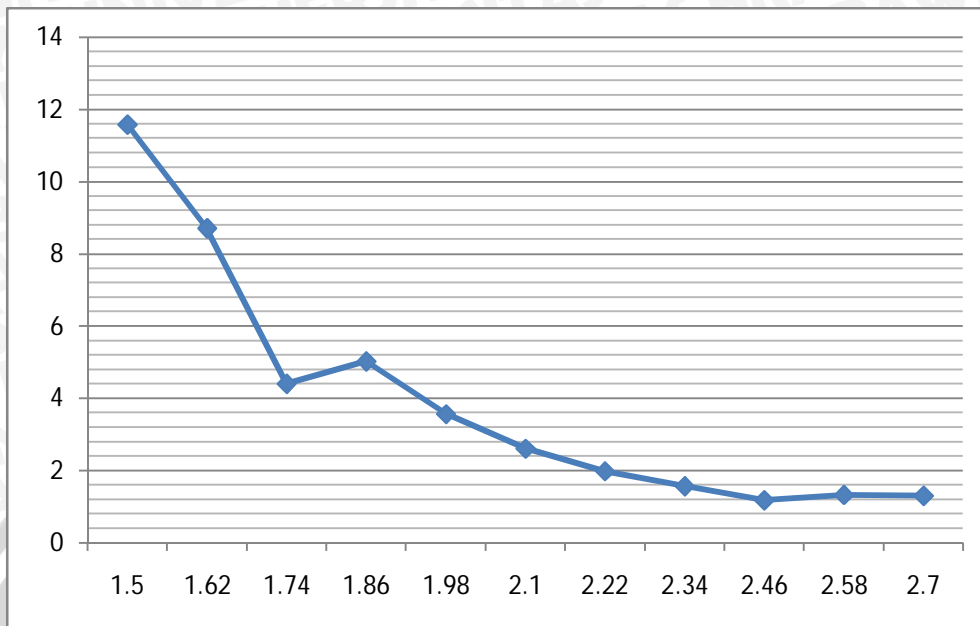
Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul dan *VSWR* antenna dapat dilihat pada tabel 5.26.

Tabel 5.26 Hasil Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul dan Perhitungan *VSWR* Antena

Frekuensi (MHz)	Level daya (dBm)	Return Loss (dB)	Koef. pantul	VSWR
1.5	-29.5	-1.5	0.841	11.57862
1.62	-30	-2	0.794	8.708738
1.74	-32	-4	0.63	4.405405
1.86	-31.5	-3.5	0.668	5.024096
1.98	-33	-5	0.562	3.56621
2.1	-35	-7	0.446	2.610108
2.22	-37.5	-9.5	0.33	1.985
2.34	-41	-13	0.223	1.574003
2.46	-49.5	-21.5	0.084	1.183406
2.58	-45	-17	0.141	1.328289
2.7	-45.5	-17.5	0.133	1.306805

Sumber: Pengujian

Selanjutnya dari data hasil pengukuran *VSWR* dapat dibuat grafik fungsi *VSWR* terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada grafik 5.97.



Grafik 5.97 Fungsi VSZR terhadap Frekuensi

Sumber : Hasil Pengujian

5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, pada frekuensi 2.4 GHz antenna mikrostrip ini memiliki nilai *Return loss* sebesar -19.5 dB dan nilai VSZR sebesar 1.23. Nilai tersebut memiliki perbedaan dengan hasil simulasi. Sedangkan untuk *bandwidth* antenna setelah pengujian tidak dapat diketahui dengan jelas, karena keterbatasan alat ukur yang hanya dapat digunakan hingga frekuensi 2.7 GHz.

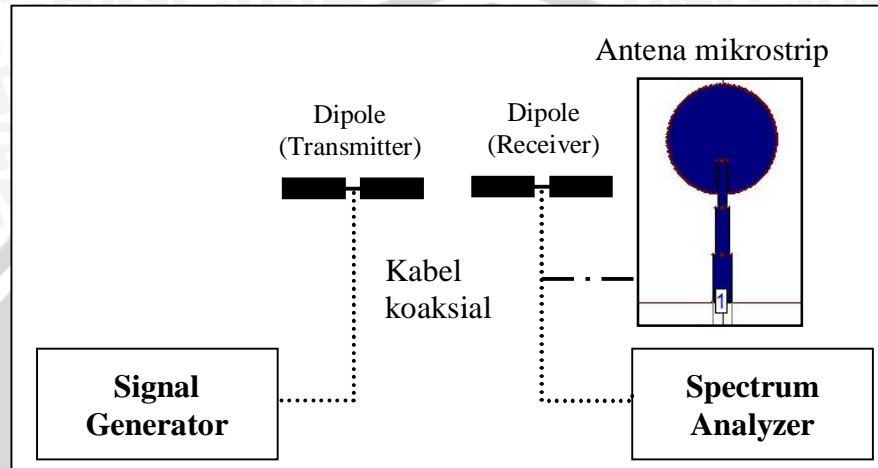
5.4 Pengukuran *Gain* Antena

5.4.1 Alat-alat yang digunakan

1. *Signal Generator FR M13 200 kHz - 3 GHz Aeroflex.*
2. *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*
3. Dua buah antenna standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
4. Antena uji (Antena mikrostrip circular patch dengan finite ground plane)
5. Kabel koaksial RG-58A/U

6. Konektor tipe N *Female*
7. Dua Buah Tiang penyangga

5.4.2 Prosedur Pengukuran



Gambar 5.40 Rangkaian pengukuran *gain* antenna

Sumber : Pengujian

1. Merangkai peralatan seperti pada gambar 5.40.
2. Antena standar *dipole* $\lambda/2$ dipasang sebagai antena pemancar dan yang kedua dipasang sebagai antena referensi pada sisi penerima.
3. *Signal Generator* diatur pada frekuensi 1500 MHz dan catat daya antena *dipole* $\lambda/2$ yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
4. Menaikkan frekuensi *Sweep Oscillator* menjadi 120 MHz hingga pada frekuensi 2700 MHz dan catat daya antena *dipole* $\lambda/2$ yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
5. Antena *dipole* $\lambda/2$ pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji (Antena mikrostrip *circular array*) hasil perancangan.
6. Mengulangi langkah 3 dan 4

5.4.3 Hasil Pengukuran

Pada pengukuran *gain* antenna ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antena referensi, daya antena yang diuji, dan *gain* antenna yang diuji. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 5.27.

Tabel 5.27 Hasil pengukuran *Gain*

Frekuensi (MHz)	Daya referensi (dBm)	Daya uji (dBm)	Gain (dBi)
2.25	-61.4	-66.4	-2.85
2.275	-53.1	-56.8	-1.55
2.3	-52.4	-54.6	-0.05
2.325	-49.8	-50.7	1.25
2.35	-54.3	-54.8	1.65
2.375	-66.2	-65.5	2.85
2.4	-61.7	-60.5	3.35
2.425	-64.4	-63.4	3.15
2.45	-53.4	-53.5	2.05
2.475	-56.7	-57.2	1.65
2.5	-55.2	-55.9	1.45
2.525	-61.2	-61.2	2.15
2.55	-62.3	-62.1	2.35

Sumber: Pengujian

Nilai Gain antenna (G) yang diuji diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan 2.23 di bawah ini :

$$f_r = 2400 \text{ MHz}$$

$$P_R = -61.7 \text{ dBm}$$

$$P_U = -60.5 \text{ dBm}$$

$$G_R = 2.15 \text{ dBi}$$

$$G(\text{dBi}) = G_R(\text{dBi}) + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm})$$

$$G(\text{dBi}) = 2.15 + (-60.5) - (-61.7)$$

$$G(\text{dBi}) = 3.35$$

5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran

Pada pengukuran ini digunakan antenna referensi adalah antenna *dipole* $\lambda/2$ dengan nilai *gain* standar 2.15 dBi. Pada frekuensi perencanaan antenna yaitu 2400 MHz antenna memiliki nilai *gain* 3.35 dBi, yang berarti memiliki efisiensi yang besar. Standar dari *gain* yang ditetapkan pada umumnya adalah sebesar >3 dBi. Hasil

pengujian ini berbeda dengan simulasi dimana didapatkan nilai *gain* pada frekuensi 2.4 GHz sebesar 2.816 dBi.

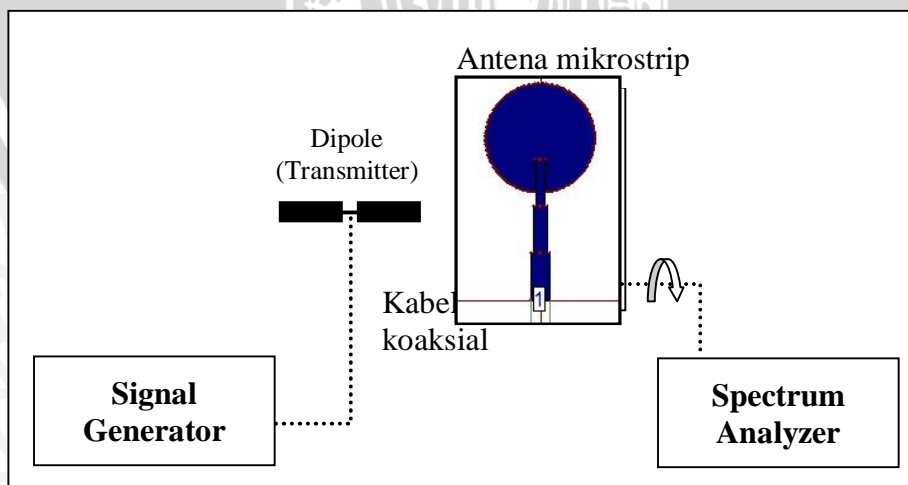
5.5 Pengukuran Polarisasi Antena

5.5.1 Alat-alat yang digunakan

8. *Signal Generator FR M13* 200 kHz - 3 GHz *Aeroflex*.
9. *Spectrum Analyzer GSP-827* 2,7 GHz *Gw INSTEK*
10. Satu buah antena standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
11. Antena uji (Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan *Slot* Persegi Panjang)
12. Kabel koaksial RG-58A/U
13. Konektor tipe N *Female*
14. Dua buah tiang penyangga dengan skala sudut putar

5.5.2 Prosedur Pengukuran

1. Memasang antena *dipole sleeve $\lambda/2$* sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *Signal Generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U
2. Memasang antena uji sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.41.



Gambar 5.41 Rangkaian pengukuran polarisasi antena

Sumber : Pengujian

3. Memosisikan antena pemancar sejajar dengan antena uji, kemudian mengatur *Signal Generator* pada frekuensi 2400 MHz.
4. Memutar antena pemancar (antena *dipole sleeve $\lambda/2$*) pada sumbu horizontal antena, dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.

5.5.3 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antena uji yang diputar 10° pada sumbu horizontal. Data hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi 2400 MHz terlihat dalam tabel 5.28.

Tabel 5.28 Hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi 2400 MHz

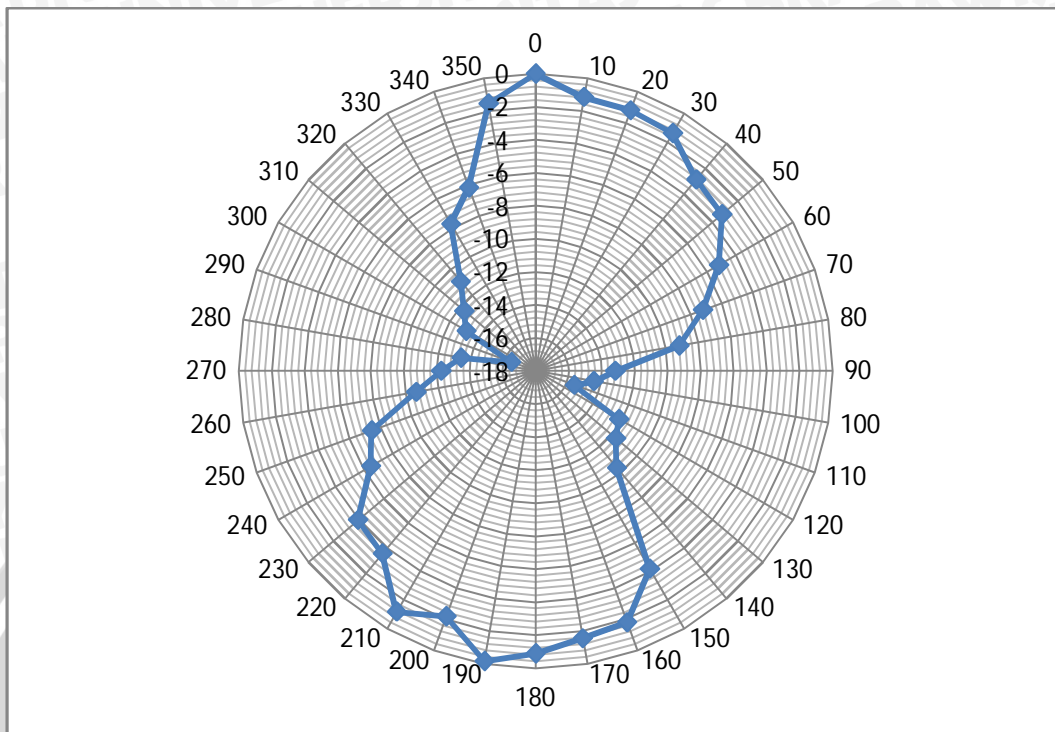
Sudut ($^\circ$)	Daya (dBm)	Normalisasi (dB)
0	-45.01	0
10	-46.17	-1.16
20	-46.22	-1.21
30	-46.38	-1.37
40	-47.88	-2.87
50	-48.27	-3.26
60	-50.19	-5.18
70	-52.23	-7.22
80	-54.17	-9.16
90	-58.19	-13.18
100	-59.43	-14.42
110	-60.5	-15.49
120	-57.17	-12.16
130	-56.67	-11.66
140	-55.37	-10.36
150	-49.17	-4.16
160	-46.81	-1.8
170	-46.57	-1.56
180	-45.9	-0.89
190	-45.17	-0.16

200	-47.2	-2.19
210	-46.18	-1.17
220	-48.58	-3.57
230	-48.97	-3.96
240	-51.49	-6.48
250	-52.45	-7.44
260	-55.67	-10.66
270	-57.29	-12.28
280	-58.43	-13.42
290	-61.45	-16.44
300	-58.17	-13.16
310	-57.37	-12.36
320	-55.97	-10.96
330	-52.75	-7.74
340	-51.21	-6.2
350	-46.57	-1.56

Sumber : Hasil Pengujian

5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi dalam tabel 5.29, dengan digambar ke dalam bentuk diagram polar, maka dapat diketahui bentuk polarisasi antenna yang diuji tersebut. Bentuk polarisasi antenna yang diuji pada frekuensi 2400 MHz mendekati linier dengan nilai *axial ratio* 13.18 dB (grafik 5.98). Antena ini dapat digolongkan sebagai antenna yang berpolarisasi linier.



Grafik 5.98 Pengujian polarisasi antenna

Sumber: Hasil Pengujian

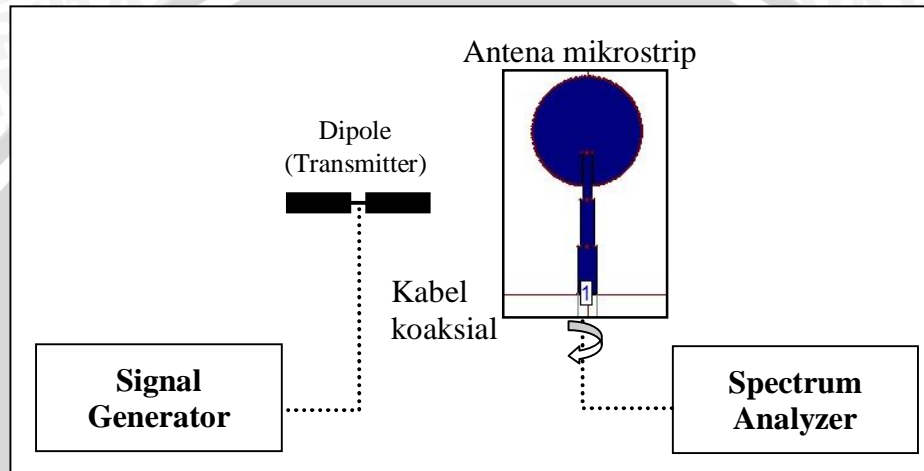
5.6 Pengujian Pola Radiasi

5.6.1 Alat-alat yang digunakan

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

5.6.2 Prosedur Pengukuran

1. Memasang antenna *dipole sleeve* $\lambda/2$ sebagai antenna pemancar dengan menghubungkannya ke *Signal Generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U.
2. Memasang antenna uji sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.42.



Gambar 5.42 Rangkaian pengukuran pola radiasi antenna

Sumber : Pengujian

3. Memposisikan antenna pemancar sejajar dengan antenna uji, kemudian mengatur *Signal Generator* pada frekuensi 2400 MHz.
4. Meletakkan antenna uji pada posisi vertikal dan memutar antenna uji pada sumbu vertikal antenna, dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
5. Meletakkan antenna uji pada posisi horizontal dan memutar antenna uji pada sumbu vertikal antenna, 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.

5.6.3 Hasil Pengukuran

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. Data hasil pengukuran Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal pada frekuensi 2400 MHz (tabel 5.30).

Tabel 5.29 Hasil pengukuran Pola Radiasi pada frekuensi 2400 MHz.

No.	Sudut (°)	Pola Radiasi Horizontal		Pola Radiasi Vertikal	
		Daya pada <i>Spectrum Analyzer</i> (dBm)	Normalisasi (dB)	Daya pada <i>Spectrum Analyzer</i> (dBm)	Normalisasi (dB)
1	0	-63.1	0	-61.3	0
2	10	-65.1	-2	-64.6	-3.3
3	20	-66.3	-3.2	-64.9	-3.6
4	30	-67.1	-4	-65.3	-4
5	40	-69.1	-6	-65.9	-4.6
6	50	-75.7	-12.6	-66.3	-5
7	60	-70.3	-7.2	-65.2	-3.9
8	70	-71.2	-8.1	-67.4	-6.1
9	80	-76.2	-13.1	-68.1	-6.8
10	90	-74.4	-11.3	-72.7	-11.4
11	100	-72.1	-9	-75.1	-13.8
12	110	-75.1	-12	-76	-14.7
13	120	-75.7	-12.6	-73.5	-12.2
14	130	-76.3	-13.2	-74.2	-12.9
15	140	-77.2	-14.1	-72.5	-11.2
16	150	-76.1	-13	-71.7	-10.4
17	160	-73.2	-10.1	-72.7	-11.4
18	170	-69.2	-6.1	-70.4	-9.1
19	180	-76.5	-13.4	-69.9	-8.6
20	190	-74.1	-11	-69.3	-8
21	200	-71.3	-8.2	-70.1	-8.8
22	210	-72.9	-9.8	-71.6	-10.3
23	220	-73.1	-10	-70.4	-9.1
24	230	-70.1	-7	-72.7	-11.4
25	240	-69.5	-6.4	-73.1	-11.8
26	250	-74.1	-11	-72.4	-11.1
27	260	-70.1	-7	-75.4	-14.1
28	270	-68.2	-5.1	-75.7	-14.4
29	280	-67.3	-4.2	-72.2	-10.9
30	290	-69.1	-6	-70.4	-9.1

31	300	-68.1	-5	-72.5	-11.2
32	310	-71.1	-8	-73.8	-12.5
33	320	-70.2	-7.1	-70.7	-9.4
34	330	-69.2	-6.1	-67.8	-6.5
35	340	-67.8	-4.7	-65.1	-3.8
36	350	-65.4	-2.3	-65.3	-4
37	360	-63.1	0	-61.3	0

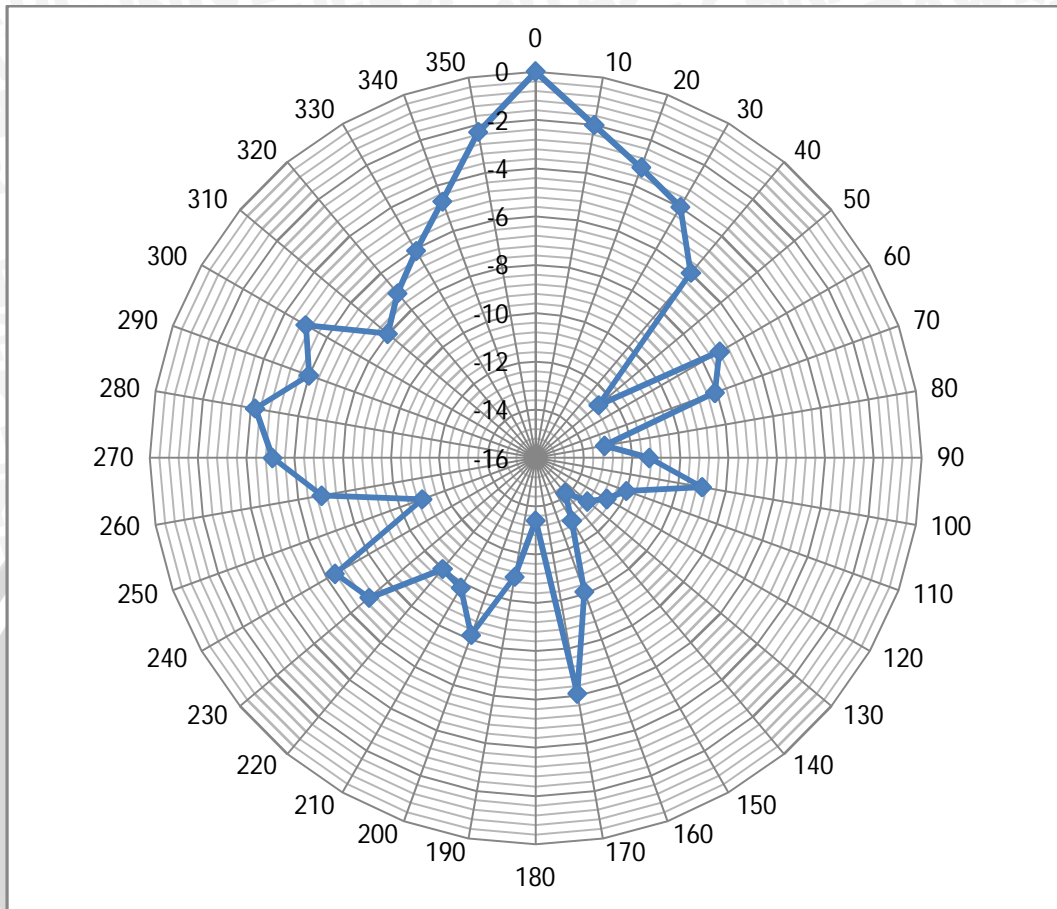
Sumber : Hasil Pengujian

5.6.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.30 dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar, sebagaimana tampak dalam grafik 5.99 dan grafik 5.100. Dari *plot* pola radiasi pada dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan adalah *unidirectional*, yaitu memiliki intensitas radiasi maksimum hanya pada satu arah tertentu saja.

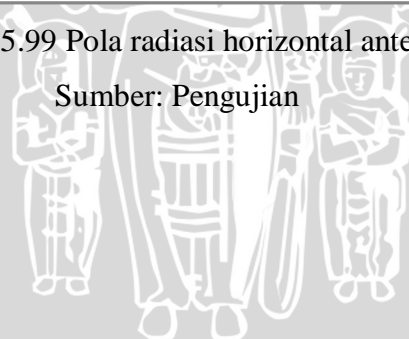
Berdasarkan grafik 5.99 diketahui bahwa untuk pola radiasi horizontal pada frekuensi 2400 MHz, antenna ini memiliki nilai -3dB *beamwidth* sebesar 32.5° . Dengan menggunakan Persamaan 2.17, maka nilai *Front to Back Ratio (F/B)* antenna ini sebesar 13.4 dB.

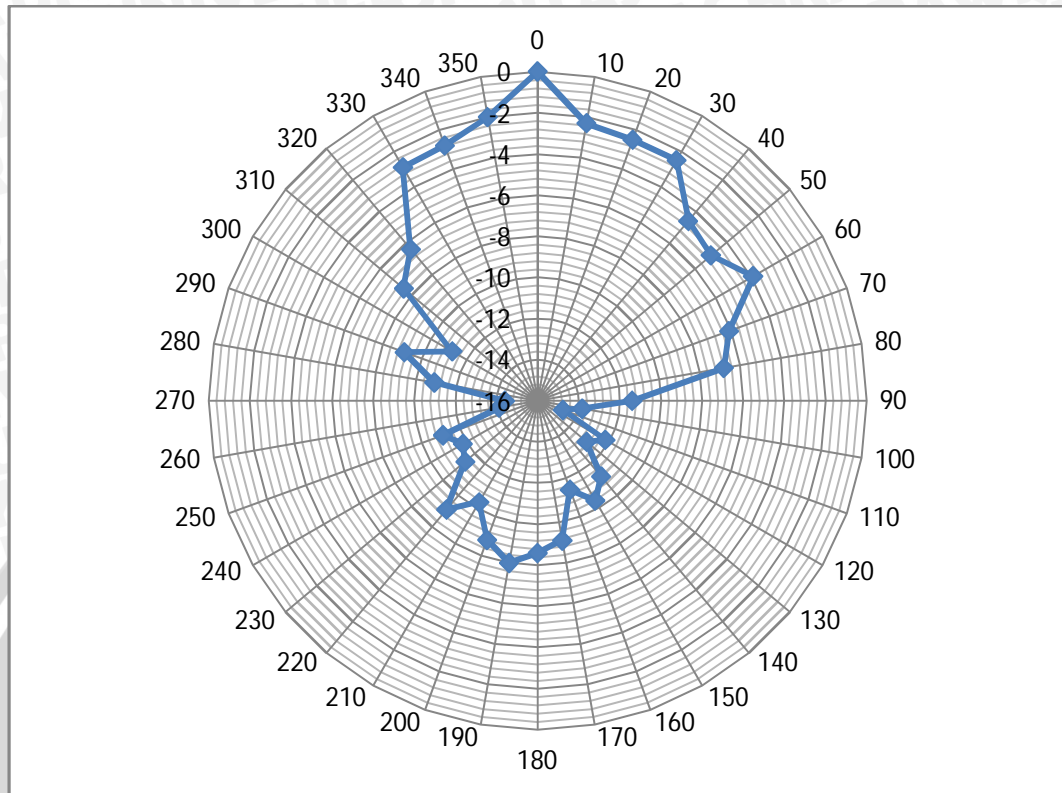
Berdasarkan grafik 5.100 diketahui bahwa untuk pola radiasi vertikal pada frekuensi 2400 MHz, antenna ini memiliki nilai -3dB *beamwidth* sebesar 62.5° . Dan dengan menggunakan Persamaan 2.17, nilai *Front to Back Ratio (F/B)* antenna ini sebesar 8.6 dB.



Grafik 5.99 Pola radiasi horizontal antenna

Sumber: Pengujian





Grafik 5.100 Pola radiasi vertikal antenna
 Sumber: Pengujian

5.7 Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

Untuk mengetahui nilai keterarahan (*directivity*) antenna yang diuji, dapat digunakan data hasil pengukuran pola radiasi.

5.7.1 Cara Perhitungan

Directivity dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2-12:

$$D = \frac{4\pi_{(steradian)}}{\theta \cdot \phi_{(radian^2)}}$$

1 steradian = 1 radian²

$$= \left(\frac{180}{\pi}\right)^2 \text{ (derajat}^2\text{)}$$

sehingga,

$$D \approx \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi}\right)^2}{\theta_{HP}^{\circ} \phi_{HP}^{\circ} (\text{derajat}^2)} \approx \frac{41000}{\theta_{HP}^{\circ} \phi_{HP}^{\circ}}$$

dengan :

D = directivity

θ = *beamwidth* pola radiasi vertikal (rad)

Φ = *beamwidth* pola radiasi horisontal (rad)

θ_{HP} = *beamwidth* pola radiasi vertikal (derajat)

ϕ_{HP} = *beamwidth* pola radiasi horisontal (derajat)

5.7.2 Hasil Perhitungan

Berdasarkan data hasil pengukuran pola radiasi, diperoleh nilai -3dB *beamwidth* pola radiasi horisontal untuk frekuensi 2400 MHz adalah 32.5° ($\phi_{HP}^{\circ} = 32.5^{\circ}$), dan nilai -3dB *beamwidth* pola radiasi vertikal adalah 62.5° ($\theta_{HP}^{\circ} = 62.5^{\circ}$).

Maka nilai *directivity* antenna hasil perencanaan adalah :

$$\begin{aligned} D &= \frac{41000}{32.5^{\circ} \cdot 62.5^{\circ}} \\ &= 20.814 \\ D_{(dB)} &= 10 \log 20.814 \\ &= 13.183 \text{ dB} \end{aligned}$$

5.8 Perhitungan Bandwidth

Perhitungan *bandwidth* antenna yang diuji dilakukan dengan cara menghitung selisih antara frekuensi atas dengan frekuensi bawah antenna uji. Penentuan frekuensi atas dan frekuensi bawah antenna dilakukan dengan cara menentukan frekuensi tertinggi dan terendah antenna dimana masih memiliki nilai $VSWR \leq 2$.

Berdasarkan data hasil perhitungan *VSWR*, antenna ini memiliki frekuensi terendah pada frekuensi 2200 MHz dan frekuensi tertinggi tidak dapat ditentukan karena keterbatasan *Spectrum Analyzer* yang memiliki batas frekuensi hingga 2700

MHz. Sehingga *bandwidth* antenna ini adalah > 500 MHz (lebih lebar daripada *bandwidth* hasil simulasi yaitu sebesar 45 MHz).

5.9 Analisis Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi pada Kondisi *Infinite Ground Plane*, *Finite Ground Plane* dan Hasil Pengukuran

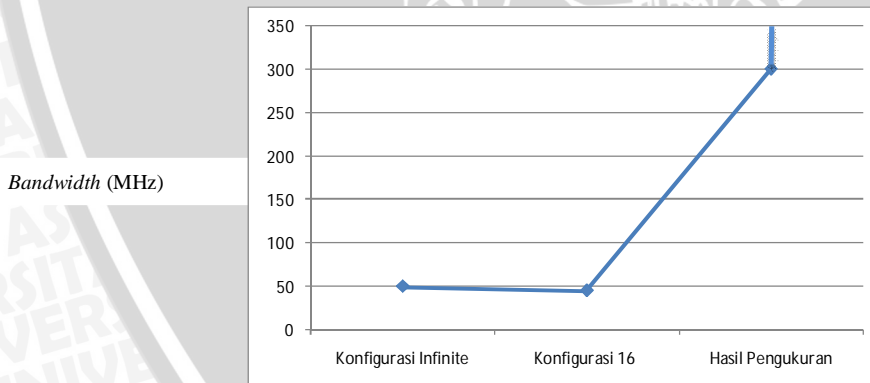
Perbandingan parameter antena mikrostrip *circular patch* pada frekuensi kerja 2.4 GHz pada kondisi *infinite ground plane*, *finite ground plane* (konfigurasi 16) dan hasil simulasi ditunjukkan pada tabel 5.30 berikut :

Tabel 5.30 Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran

Parameter Antena	Hasil Simulasi		Hasil Pengukuran
	Konfigurasi Infinite	Konfigurasi Finite (konfigurasi 16)	
Bandwidth (MHz)	50	45	> 300
Gain pada 2.4 GHz (dBi)	1.235	2.816	3.35
Axial Ratio (dB)	59.34	55.89	13.18
Bentuk Polarisasi	Linier	Linier	Linier
Bentuk Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>
Beamwidth - 3 dB Vertikal	170	169.95	32.5
Beamwidth - 3 dB Horizontal	138.88	129.12	62.5
F/B (dB) Vertikal	19.23	17.2	8.6
F/B (dB) Horizontal	18.93	15.7	13.4

Sumber : Analisis

a. Bandwidth



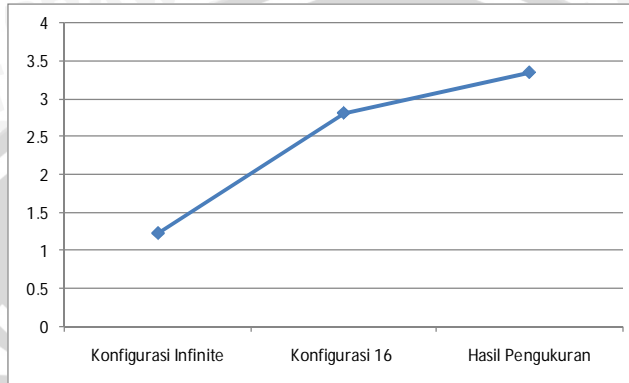
Grafik 5.101 Perbandingan Nilai *Bandwidth* pada Hasil Simulasi (kondisi *infinite ground plane* dan *finite ground plane*) dan Hasil Pengukuran

Sumber : Analisis Simulasi

- Hasil pengukuran memiliki nilai *bandwidth* lebih besar daripada hasil simulasi (baik pada kondisi *infinite ground plane* maupun *finite ground plane*).

b. Gain

Gain



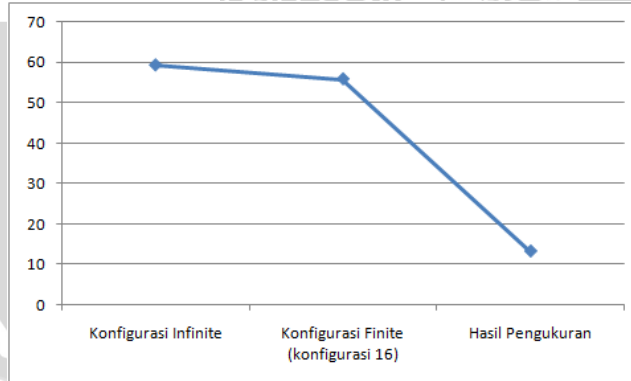
Grafik 5.102 Perbandingan Nilai *Gain* pada Hasil Simulasi (kondisi *infinite ground plane* dan *finite ground plane*) dan Hasil Pengukuran

Sumber : Analisis Simulasi

- Hasil pengukuran memiliki nilai *gain* lebih besar daripada hasil simulasi (baik pada kondisi *infinite ground plane* maupun *finite ground plane*).

c. Polarisasi

Axial Ratio (dB)

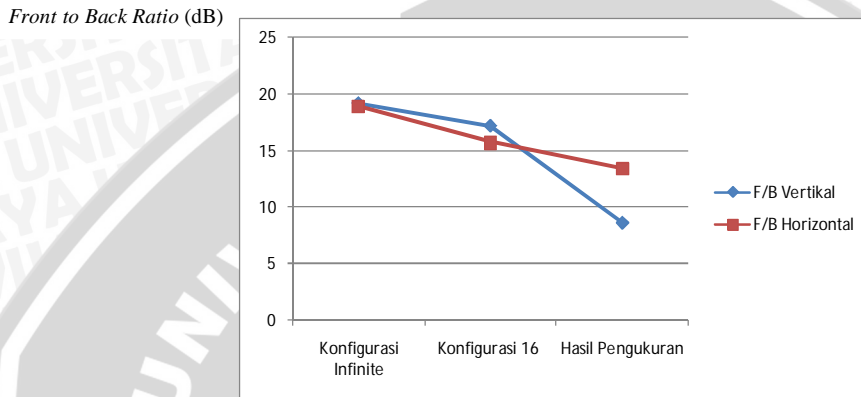


Grafik 5.103 Perbandingan Nilai *Axial Ratio* pada Hasil Simulasi (kondisi *infinite ground plane* dan *finite ground plane*) dan Hasil Pengukuran

Sumber : Analisis Simulasi

- Hasil pengukuran memiliki nilai *axial ratio* lebih kecil daripada hasil simulasi (baik pada kondisi *infinite ground plane* maupun *finite ground plane*).
- Hasil pengukuran antenna memiliki polarisasi linier sama dengan hasil simulasi.

d. Pola radiasi



Grafik 5.104 Perbandingan Nilai *Front to Back Ratio* pada Hasil Simulasi (kondisi *infinite ground plane* dan *finite ground plane*) dan Hasil Pengukuran

Sumber : Analisis Simulasi

- Hasil pengukuran memiliki nilai *front to back ratio* lebih kecil daripada hasil simulasi (baik pada kondisi *infinite ground plane* maupun *finite ground plane*).

Dengan memperhatikan karakteristik antenna hasil fabrikasi, dapat dinyatakan bahwa antenna ini bisa digunakan untuk aplikasi *wireless LAN* 802.11 b/g 2400 – 2483,5 MHz karena nilai *return loss* dan *VSWR* yang sesuai dengan batas yang diijinkan yaitu $VSWR \leq 2$ (Warren L. Stutzman ; Gary A. Thile,1981) dan $RL < -10$ dB (Punit,2004 :19), nilai *gain* pun sesuai dengan persyaratan umum antenna mikrostrip yaitu di atas 3 dBi. Nilai *bandwidth* juga lebih besar dari *requirement bandwidth* antenna untuk aplikasi *wireless LAN* yang hanya sebesar 83,5 MHz. Dengan melihat parameter-parameter tersebut dapat dikatakan bahwa antenna mikrostrip persegi empat dengan polarisasi lingkaran hasil fabrikasi ini dapat bekerja pada frekuensi *wireless LAN* 802.11 b/g.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan antenna, pembuatan antenna, pengujian dan pengukuran antenna, serta analisis parameter-parameter antenna mikrostrip *circular patch*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan, antenna mikrostrip *circular patch* dengan *inset line* dan penyesuai impedansi, yang terbuat dari bahan FR-4 dengan nilai Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.6, diperoleh dimensi elemen peradiasi antenna adalah sebagai berikut : $a = 17.25$ mm, $L_1 = L_2 = L_3 = 14.725$ mm, $w_1 = 2.843$ mm, $w_2 = 4.062$ mm, $w_3 = 5.687$ mm, $y_0 = 10.35$ mm, $Z_{ant} = 50.71 \Omega$ dan bekerja pada frekuensi 2.4 GHz.
2. Berdasarkan hasil dari simulasi perancangan berbagai konfigurasi antenna mikrostrip *circular patch*, didapatkan kinerja terbaik saat simulasi pada konfigurasi 16 dengan *finite ground plane* berbentuk persegi berukuran $1.6 \times 1.6 \lambda_0^2$. Parameter hasil simulasi pada frekuensi 2.4 GHz sebagai berikut :
 - a. Antena dengan *Infinite Ground Plane*
 - Nilai *VSWR* sebesar 1.621, koefisien pantul sebesar 0.236 dan nilai *Return Loss* sebesar -12.51 dB telah memenuhi syarat batas yang diijinkan yaitu $VSWR \leq 2$ (Warren L. Stutzman ; Gary A. Thile,1981) dan $RL < -10$ dB (Punit,2004 :19).
 - Nilai *gain* sebesar 1.235 dBi. Nilai ini tidak memenuhi syarat perancangan (yaitu : $gain > 3$ dBi).
 - Bentuk polarisasi linier dengan nilai *axial ratio* sebesar 59.34 dB.

- Pola radiasi berbentuk *unidirectional* dengan nilai *F/B ratio* vertikal sebesar 19.23 dan nilai *F/B ratio* horizontal sebesar 18.93.
 - *Bandwidth* sebesar 50 MHz.
- b. Antena dengan *Finite Ground Plane* (konfigurasi 16)
- Nilai *VSWR* sebesar 1.7972, koefisien pantul sebesar 0.285 dan nilai *Return Loss* sebesar -10.9 dB telah memenuhi syarat batas yang diijinkan yaitu $VSWR \leq 2$ (Warren L. Stutzman ; Gary A. Thile,1981) dan $RL < -10$ dB (Punit,2004 :19).
 - Nilai *gain* sebesar 2.816 dBi. Nilai ini tidak memenuhi syarat perancangan (yaitu : $gain > 3$ dBi).
 - Bentuk polarisasi linier dengan nilai *axial ratio* sebesar 55.89 dB.
 - Pola radiasi berbentuk *unidirectional* dengan nilai *F/B ratio* vertikal sebesar 17.2 dan nilai *F/B ratio* horizontal sebesar 15.7.
 - *Bandwidth* sebesar 45 MHz.
3. Berdasarkan pengukuran terhadap antena mikrostrip *circular patch* setelah fabrikasi, parameter hasil pengukuran pada frekuensi 2.4 GHz sebagai berikut:
- Nilai *VSWR* sebesar 1.23464, koefisien pantul 0.105 dan nilai *Return Loss* sebesar -19.5 dB telah memenuhi syarat batas yang diijinkan yaitu $VSWR \leq 2$ (Warren L. Stutzman ; Gary A. Thile,1981) dan $RL < -10$ dB (Punit,2004 :19).
 - Nilai *gain* sebesar 3.35 dBi telah memenuhi syarat perancangan (yaitu : $gain > 3$ dBi).
 - Bentuk polarisasi linier dengan nilai *axial ratio* sebesar 13.18 dB.
 - Pola radiasi bersifat *unidirectional* dengan sudut 3 dB-*beamwidth* $\phi_{HP}^0 = 32.5^\circ$ dan $\theta_{HP}^0 = 62.5^\circ$.
 - Nilai *bandwidth* sebesar > 500 MHz (frekuensi tertinggi tidak dapat ditentukan karena keterbatasan *Spectrum Analyzer* yang memiliki batas frekuensi hingga 2700 MHz),
 - Nilai *directivity* antena sebesar 13.183 dBi.
4. Setelah dilakukan simulasi dengan simulator IE3D, didapatkan *finite ground plane* memberikan pengaruh terhadap kinerja antena mikrostrip *circular patch*.

Pada *range* simulasi 2.25 – 2.55 GHz dan frekuensi kerja 2.4 GHz, dengan perubahan pada variabel *finite ground plane* dan elemen peradiasi tetap didapatkan pengaruh terhadap parameter antenna sebagai berikut :

- Dimensi *finite ground plane* mempengaruhi frekuensi resonansi antenna dimana ketika dimensinya tidak meliputi keseluruhan dimensi elemen peradiasi terjadi pergeseran frekuensi resonansi ke kanan ($bandwidth = 0$ MHz pada frekuensi kerja yang direncanakan) dan nilai *gain* negatif menunjukkan efisiensi antenna buruk, serta sebaliknya pada kondisi yang berlawanan ($\lambda_0 = \frac{c}{f_r}$, ukuran *finite ground plane* berbanding terbalik dengan frekuensi resonansi).
- *Finite ground plane* memberikan efek terjadinya pergeseran sudut nilai maksimum *main lobe* pada bidang E-plane kurang lebih -20° dan munculnya *back lobe*.
- Pada *finite ground plane* dengan bentuk yang sama dengan elemen peradiasi didapatkan daya pada arah pancaran radiasi yang tidak diinginkan (bagian belakang antenna atau *back lobe*) lebih besar daripada daya pada arah pancaran radiasi yang diinginkan (bagian depan antenna atau *main lobe*).
- Perubahan variabel ukuran, luas dan bentuk *finite ground plane* memberikan pengaruh terhadap performansi antenna mikrostrip *circular patch*, ditunjukkan dengan perubahan parameter antenna dengan karakteristik tertentu.

6.2 Saran

1. Dalam proses pembuatan antenna mikrostrip, perlu diperhatikan ketebalan substrat dielektrik dan lapisan tembaga untuk elemen peradiasi yang digunakan, agar didapatkan antenna mikrostrip yang dapat bekerja optimal sesuai dengan yang direncanakan.
2. Pada pembuatan antenna mikrostrip, untuk proses pemasangan konektor pada antenna juga memerlukan ketepatan. Karena konektor yang terpasang pada antenna juga akan mempengaruhi pada daya yang dicatukan pada saluran transmisi antenna.

3. Dalam melakukan pengukuran, untuk ketepatan dan ketelitian hasil pengukuran disarankan agar pengukuran dilakukan di tempat yang bebas dari benda-benda yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Sehingga diperlukan ruangan khusus untuk pengukuran dan pengujian antena yang disebut *Anechoic Chamber*. Serta diperlukan bahan penyangga antena berupa isolator yang baik.
4. Pengaruh *finite ground plane* antena mikrostrip *circular patch* dapat dijadikan referensi dalam fabrikasi antena agar semakin didapatkan ketepatan hasil simulasi dengan kenyataan. Selain itu, penelitian pengaruh *finite ground plane* dilakukan terhadap bentuk *patch* yang lain dan menggunakan program simulator selain IE3D. Sehingga referensi bagi perancang antena terhadap pengaruh *ground plane* secara aplikatif semakin lengkap.

