

**Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Linier Array 4 Element*  
Dengan Pencatuan *Proximity Coupling* Frekuensi 1,5GHz –  
1,6GHz Pada Aplikasi *Mobile Satellite*.**



**ABDUL SYAWALUDIN**

**5215117003**

**Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2016**

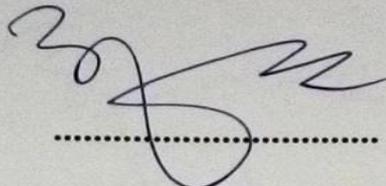
HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

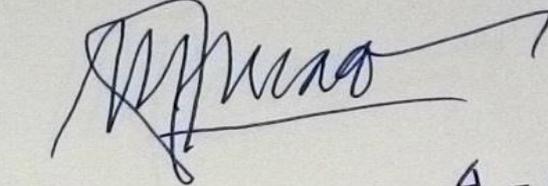
TANGGAL

Efri Sandy, S.Pd., MT  
(Dosen Pembimbing I)



3 - Feb - 2016

Drs. Mufti Ma'sum, M.Pd  
(Dosen Pembimbing II)



4 - Feb - 2016

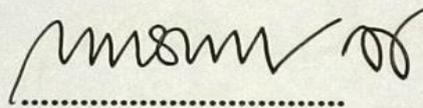
PENGESAHAN PANITIA UJIAN SIDANG

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

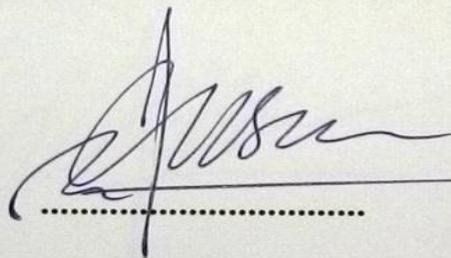
TANGGAL

Drs. Wisnu Djatmiko, M.T  
(Ketua Penguji)



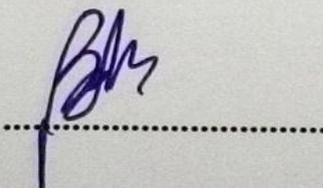
2 - Feb - 2016

M. Yusro, S.pd, M.T  
(Dosen Penguji)



2 - Feb - 2016

Dr. Baso Maruddani, M.T  
(Dosen Ahli)



2 - Feb - 2016

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Linier Array 4 Element* dengan Pencatuan *Proximity Coupling* frekuensi 1,5-1,6GHz Pada Aplikasi *Mobile Satellite*” ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta,.....

Yang Membuat Pernyataan

Abdul Syawaludin

5215117003

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kahadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia, dan hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Linier Array 4 Element* dengan Pencatuan *Proximity Coupling* frekuensi 1,5-1,6 GHz Pada Aplikasi *Mobile Satellite*”. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Keterbatasan kemampuan saya dalam menyusun skripsi ini menyebabkan saya sering menemukan kesulitan. Saya menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih belum sempurna sehingga peneliti membutuhkan kritik dan saran untuk membangun penyempurnaan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini tentunya tidak akan terwujud dengan baik tanpa adanya bimbingan, dorongan, dan bantuan dari banyak pihak. Maka pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Pitoyo Yuliatmojo, M.T. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika.
2. Dr. Bachren Zaini, M.Pd, selaku Pembimbing Akademik.
3. Efri Sandy, S.Pd., MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Drs. Mufti Ma'sum, M.Pd, selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing saya dalam pembuatan skripsi ini hingga selesai.
4. Kedua orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan semangat serta doa yang tidak pernah berhenti diucapkan untuk kelancaran dan keberhasilan saya.
5. Teman-teman seperjuangan khususnya Elektronika Kurcaci 2011 yang selalu membantu dan memberikan motivasi serta mendoakan peneliti selama menyelesaikan skripsi ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa/i Pendidikan Teknik Elektronika angkatan 2010 yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini dengan balasan yang lebih baik. Semoga skripsi ini membawa manfaat yang besar bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Penulis

Abdul Syawaludin  
5215117003

## ABSTRAK

**Abdul Syawaludin**, Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Linier Array 4 Element* dengan Pencatuan *Proximity Coupling* Frekuensi 1,5GHz – 1,6GHz pada Aplikasi *Mobile Satellite*. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2015.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain, membuat, dan mengukur parameter Antena Mikrostrip Segiempat *Linier Array* dengan Pencatuan *Proximity Coupling* dengan parameter uji diantaranya frekuensi kerja 1,5GHz – 1,6GHz, *return loss* minimal dibawah -10 dB, *bandwidth* minimal 100 Mhz,  $VSWR \leq 2$ , Dengan Menggunakan Perangkat Lunak CST *Microwave Studio 2014* Dan Alat Ukur *Spectrum Analyzer*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada bulan September 2015 – Desember 2015.

Antena ini dirancang menggunakan empat buah *patch* yang dibuat secara *Linier Array* untuk menghasilkan *bandwidth* yang lebar, pemotongan pada bidang *patch* untuk menghasilkan polarisasi melingkar, dan dicatu menggunakan pencatuan tidak langsung (*proximity coupling*) menggunakan dua buah *substrate* yang identik.

Antena Mikrostrip ini berhasil didesain di perangkat lunak CST *Microwave Studio 2014*, dengan hasil parameter frekuensi kerja 1,5-1,6 GHz, *bandwidth* 115MHz, *return loss* sebesar -20,91 dB, dan *VSWR* bernilai 1,19.

Kata Kunci : Antena Mikrostrip, *Element*, *linier array*, *proximity coupling*, *Mobile Satellite*, Parameter antena.

## ABSTRACT

**Abdul Syawaludin**, Microstrip Antenna Design of *Linear Array 4 Element* with rationing *Proximity Coupling* 1,5GHz - 1,6GHz frequency on *Mobile Satellite Applications Systems*. Skripsi. Jakarta, Education Studies Electronics Engineering Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, in 2015.

This research aims to design, create, and measure parameters Microstrip Antenna Quadrilateral *Linear Array* with rationing *Proximity coupling* with test parameters including operating frequency of 1,5-1,6 GHz, *the return loss* under -10 dB, *the bandwidth* minimum 100 MHz,  $VSWR \leq 2$ , Using Software CST *Microwave Studio* 2014 And Measurement *Spectrum Analyzer*. Research conducted at the Laboratory of Telecommunications Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta in September 2015 - December 2015.

This antenna is designed using four *patches* created *Linear Array* to generate a large *bandwidth*, the cutting on *the patch* field to produce circular polarization, and supplied using indirect rationing (*proximity coupling*) uses two identical substrate.

Microstrip antenna was successfully designed by software CST *Microwave Studio* 2014, with the results of the working frequency parameter of 1,5 – 1,6 GHz, *bandwidth* 115MHz, *return loss* maximum -20,91 dB, and VSWR 1,19.

Keywords: Microstrip Antenna, *Element*, *linear arrays*, *proximity coupling* *Mobile Satellite*, antenna parameters.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Perumusan Masalah.....	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Kegunaan Penelitian.....	5
<b>BAB II KERANGKA TEORITIK, KERANGKA BERFIKIR, DAN.....</b>	<b>6</b>
2.1. Kajian teoritik.....	6
2.1.1. Sistem Mobile Satelit.....	6
2.1.1.1. Alokasi Frekuensi .....	7
2.1.1.2. Inmarsat Mobile Satellite System .....	8
2.1.2. Antena.....	10
2.1.2.1. Antena Mikrostrip .....	11
2.1.2.2. Bentuk Antena Mikrostrip .....	12
2.a. <i>Patch</i> Segi-empat.....	15

2.1.2.3.	Jenis Antena Mikrostrip Array .....	17
2.1.2.4.	Parameter Antena Mikrostrip .....	20
4.a.	Polarisasi .....	21
4.b.	VSWR ( <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> ) .....	24
4.c.	<i>Return Loss</i> .....	24
4.d.	Gain .....	25
4.e.	Frekuensi Resonansi .....	26
4.f.	<i>Bandwidth</i> (Lebar Frekuensi) .....	26
4.g.	<i>Directivity</i> (Keterarahan) .....	28
4.h.	Pola Radiasi .....	28
2.1.2.5	Teknik pencatuan .....	30
5.a.	Proximity coupling .....	31
5.b.	<i>Aperture coupling</i> .....	33
2.1.2.6	T-Junction .....	33
2.1.2.7	Impedansi Matching .....	34
2.1.2.8	Teknik Menghasilkan Polarisasi Sirkular .....	35
8.a.	Pemotongan Patch .....	35
2.1.3.	Perangkat Lunak CST Studio Suite .....	36
2.1.3.1.	Mendesain Antena Mikrostrip .....	37
2.1.3.2.	Menguji Antena Mikrostrip .....	41
2.1.4.	<i>Spectrum Analyzer</i> .....	42
2.2	Kerangka Berpikir .....	44
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>47</b>
3.1.	Tujuan Operasional Penelitian .....	47
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	47
3.3.	Metode Penelitian .....	48

3.3.1.	Potensi dan Masalah.....	49
3.3.2.	Pengumpulan Data.....	49
3.3.2.1.	Menentukan Karakteristik Antena .....	49
3.3.2.2.	Menentukan Jenis Substrat.....	50
3.3.2.3.	Menentukan jenis elemen peradiasi .....	50
3.3.3.	Desain Antena Mikrostrip.....	51
3.3.3.1.	Menentukan Dimensi Elemen Peradiasi Segiempat .....	51
3.3.3.2.	Menentukan Lebar Saluran Pencatu.....	55
2.a.	Perancangan Saluran Pencatu 50 $\Omega$ .....	55
2.b.	Perancangan Saluran Pencatu 100 $\Omega$ .....	57
2.c	Perancangan Saluran Pencatu 70,7 $\Omega$ .....	59
3.3.3.3.	Penentuan Pemotongan Patch .....	61
3.3.3.4.	Mendesain Antena Mikrostrip Linier Array 4 Elemen .....	62
5.a.	Menentukan Jarak Antar Elemen .....	62
5.b.	Mendesain Antena <i>Linier Array</i> 4 Elemen dengan T-Junction	63
3.3.3.5.	Antena Linier Array 4 Elemen dengan Proximity Coupling .....	64
3.3.4.	Validasi Desain .....	64
3.3.4.1.	Fabrikasi Antena Mikrostrip .....	64
3.3.5.	Uji coba produk.....	70
3.3.5.1.	Metode Simulasi CST Microwave Studio .....	70
3.3.5.2.	Metode Pengukuran Spectrum Analyzer .....	73
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>76</b>
4.1.	Hasil Penelitian.....	76
4.1.1.	Hasil Desain Antena Mikrostrip.....	76
4.1.1.1	Hasil Desain Dimensi Patch .....	76
4.1.1.2.	Hasil Dimensi Saluran Impedansi Pencatu .....	78

4.1.2.	Hasil Desain dan Fabrikasi Antena Mikrostrip.....	80
4.1.2.1.	Hasil Desain Single Patch Antena.....	80
4.1.2.2.	Hasil Desain Antena Array 4 Elemen dengan T-Junction .....	81
4.1.2.3.	Hasil Desain Antena Array dengan Pencatuan Proximity Coupling.....	82
4.1.2.4.	Hasil Fabrikasi Antena.....	83
4.1.2.5.	Perbandingan Hasil Desain dengan Hasil Fabrikasi Antena.....	84
4.1.3.	Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena.....	86
4.1.3.1	Hasil Simulasi Antena.....	86
1.a.	1 D <i>Result</i> .....	86
1.b.	2 D <i>Result</i> .....	87
4.1.3.2.	Hasil Pengukuran Antena.....	89
4.1.4.	Pembahasan.....	91
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>96</b>
5.1.	Kesimpulan.....	96
5.2.	Saran .....	96
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>97</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>103</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Telekomunikasi Satelit .....	6
Gambar 2. 2 Penggunaan Mobile Earth Station.....	9
Gambar 2. 3 Arsitektur Mobile Satellite Inmarsat .....	10
Gambar 2. 4 Antena .....	10
Gambar 2. 5 Struktur Bahan Antena .....	13
Gambar 2. 6 Macam Bentuk Antena Mikrostrip.....	14
Gambar 2. 7 Antena mikrostrip patch segiempat.....	15
Gambar 2. 8 Bentuk Antena Mikrostrip Segiempat.....	15
Gambar 2. 9 Dua Elemen Array.....	19
Gambar 2. 10 Antena Mikrostrip Array Linear .....	20
Gambar 2. 11 Polarisasi Linier.....	21
Gambar 2. 12 Polarisasi Melingkar.....	22
Gambar 2. 13 Polarisasi Elips .....	23
Gambar 2. 14 Lebar pita (bandwidth) .....	27
Gambar 2. 15 Pola Radiasi Antena Mikrostrip .....	29
Gambar 2. 16 pencatuan langsung .....	31
Gambar 2. 17 Geometri antena mikrostrip dengan teknik pencatuan secara proximity coupling .....	32
Gambar 2. 18 Rangkaian Ekuivalen Pencatu pada Tepi Patch .....	32
Gambar 2. 19 Geometri antena mikrostrip dengan teknik pencatuan secara apperture coupling.....	33
Gambar 2. 20 Salah satu bentuk T-Junction pada antena mikrostrip.....	34
Gambar 2. 21 Transformasi $\lambda/4$ .....	34
Gambar 2. 22 Teknik Polarisasi melingkar Single Feed.....	36
Gambar 2. 23 Tampilan Muka .....	38
Gambar 2. 24 Tampilan Lembar Kerja CST Microwave Studio 2014 .....	39
Gambar 2. 25 Diagram Blok Desain Antena Menggunakan CST Microwave Studio 2014. ....	39
Gambar 2. 26 Diagram Blok dengan Perangkat Lunak CST Microwave Studio .	41
Gambar 2. 27 Anritsu Tipe S332E.....	42

Gambar 2. 28 Tampak Atas Anritsu Tipe S332E .....	43
Gambar 2. 29 Tampilan Pada Layar Jika Belum Dikalibrasi.....	43
Gambar 2. 30 Komponen Kalibrasi .....	44
Gambar 2. 31. Kabel Konektor 50 $\Omega$ .....	44
Gambar 2. 32 Diagram Alir perancangan .....	45
Gambar 2. 33 Diagram Alir pengukuran Antena .....	46
Gambar 3. 1 Metode Research And Development (R&D) .....	48
Gambar 3. 2 Jarak Panjang Gelombang pada Perhitungan CST Microwave Studio 2014.....	52
Gambar 3. 3 Saluran Pencatuan 50 $\Omega$ .....	57
Gambar 3. 4 Saluran Pencatuan 100 $\Omega$ .....	58
Gambar 3. 5 Saluran Pencatu T-Junction 50 $\Omega$ , 70,7 $\Omega$ , dan 100 $\Omega$ .....	60
Gambar 3. 6 Saluran Pencatuan 70,7 $\Omega$ .....	61
Gambar 3. 7 Perancangan Dimensi Setelah Dipotong Bagian Patch.....	62
Gambar 3. 8 Jarak antar Elemen peradiasi.....	63
Gambar 3. 9 Antena Linier Array 4 Elemen dengan T-Junction .....	63
Gambar 3. 10 Desain Pencatuan Proximity Coupling Tampak Samping .....	64
Gambar 3. 11 Kotak Perintah Untuk Merubah Dalam Bentuk Visio .....	65
Gambar 3. 12 Kotak penyimpanan file .....	65
Gambar 3. 13 Halaman awal Microsoft Office Visio 2013 .....	65
Gambar 3. 14 Kotak insert file DXF.....	66
Gambar 3. 15 Kotak Custom Scale .....	66
Gambar 3. 16 Hasil import File.dxf di Visio 2014 .....	67
Gambar 3. 17 Penentuan Bahan yang Diperlukan .....	67
Gambar 3. 18 Desain Patch Antena yang Telah Diberi Warna.....	68
Gambar 3. 19 Desain Pencatu Antena yang Telah Diberi Warna.....	68
Gambar 3. 20 Konektor SMA .....	71
Gambar 3. 21 Calculate Port .....	72
Gambar 3. 22 Start Running .....	72
Gambar 3. 23 Simulation Menu .....	73
Gambar 3. 24 Kalibrasi Spectrum Analyzer .....	75
Gambar 4. 1 Dimensi Patch .....	76

Gambar 4. 2 Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 50 $\Omega$ .....	78
Gambar 4. 3 Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 70,7 $\Omega$ .....	78
Gambar 4. 4 Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 100 $\Omega$ .....	79
Gambar 4. 5 Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Antena .....	79
Gambar 4. 6 Jarak Per Elemen Susunan Array .....	81
Gambar 4. 7 Hasil Fabrikasi Antena .....	83
Gambar 4. 8 Hasil sumbu X dan Y (E-field) .....	87
Gambar 4. 9 Hasil Pengukuran Return Loss Dengan Spectrum Analyzer .....	89
Gambar 4. 10 Hasil Pengukuran Bandwidth Dengan Spectrum Analyzer .....	90
Gambar 4. 11 Hasil Pengukuran VSWR Antena Mikrostrip Array 4.....	91
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Return Loss Simulasi dan Pengukuran .....	93
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan VSWR Simulasi dan Pengukuran .....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Layanan Frekuensi Mobile Satelite.....	3
Tabel 2. 1 Alokasi Frekuensi .....	7
Tabel 2. 2 Layanan Satelit (SES, 2014) .....	8
Tabel 3. 1 Spesifikasi Substrat Epoxy (FR-4).....	50
Tabel 3. 2 Karakteristik Elemen Peradiasi Copper (annealed) .....	50
Tabel 3. 3 Dimensi Patch dan Substrat Hasil Perhitungan dan Iterasi.....	54
Tabel 3. 4 Lebar Pencatu 50 $\Omega$ Perhitungan dan Simulasi .....	57
Tabel 3. 5 Lebar Pencatu 100 $\Omega$ Perhitungan dan Simulasi .....	59
Tabel 3. 6 Lebar pencatu 70,7 $\Omega$ perhitungan dan simulasi.....	61
Tabel 4. 1 Dimensi Elemen Peradiasi .....	77
Tabel 4. 2 Dimensi Elemen Peradiasi Dan Substrat .....	77
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Lebar dan Panjang Saluran Impedansi .....	80
Tabel 4. 4 Hasil Desain Single Patch Antena .....	80
Tabel 4. 5 Hasil Desain Antena Array 4 Elemen dengan T-Junction .....	82
Tabel 4. 6 Hasil Desain Antena Array dengan Pencatuan Proximity Coupling ...	82
Tabel 4. 7 Perbandingan Hasil Desain dengan Hasil Fabrikasi Antena.....	84
Tabel 4. 8 Perbandingan Dimensi Hasil Desain dan Simulasi.....	85
Tabel 4. 9 Hasil Simulasi 1D Result .....	86
Tabel 4. 10 Hasil Nilai Axial Ratio.....	87
Tabel 4. 11 Hasil 3D Farfield.....	88
Tabel 4. 12 Hasil Nilai Simulasi 3 D Result .....	88
Tabel 4. 13 Hasil Pengukuran Bandwidth, VSWR, dan Return Loss Antena Mikrostrip Segiempat Array 4 Elemen Berbentuk Linear .....	91
Tabel 4. 14 Data Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran .....	92
Tabel 4. 15 Perbandingan Hasil Parameter Simulasi dan Pengukuran .....	93

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar belakang

Seperti yang kita ketahui teknologi mengalami kemajuan yang pesat. komunikasi merupakan suatu hal penting yang dibutuhkan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhannya sebagai makhluk sosial. Dan tentunya di era modern seperti saat ini, berkembangnya daya pikir manusia ternyata ikut mendukung terciptanya berbagai teknologi telekomunikasi yang dapat membantu memenuhi kebutuhan komunikasi. Salah satu teknologi telekomunikasi tersebut adalah dengan ditemukannya sistem telekomunikasi radio *wireless* atau nirkabel. Salah satu bagian penting dalam telekomunikasi *wireless* adalah antena. Antena dapat menerima, memancarkan dan mendeteksi perubahan gelombang elektromagnetik (Alaydrus, 2011:1).

Antena adalah salah satu komponen yang mempunyai peranan sangat penting dalam sistem komunikasi, sehingga antena bisa dianggap sebagai tulang punggung sistem nirkabel. Seiring semakin majunya teknologi, menyebabkan ukuran perangkat telekomunikasi semakin mengecil, menuntut adanya antena yang berukuran kecil, ringan, murah, dan performa yang baik (Surjati, 2010). Berbagai jenis antena telah banyak dikembangkan untuk berbagai aplikasi. Antena yang digunakan sebagai penerima siaran televisi, bahkan perkembangan antena yang ke antena parabola yang saat ini digunakan untuk *broadcast* siaran televisi satelite. seperti radar telemetri, radio bergerak, penginderaan jarak jauh, dan komunikasi *mobile* satelit juga menggunakan antena sebagai pengirim dan

penerima sinyal.

Oleh karena itu desain serta pemilihan antena yang tepat akan menunjang sebuah sistem telekomunikasi yang dapat mencapai kinerja yang baik dan handal. Salah satu jenis antena yang sering banyak dikembangkan pada masa sekarang ini adalah antena mikrostrip.

Antena mikrostrip bahannya yang sederhana, bentuk dan ukuran dimensi antenanya lebih kecil, bobot yang ringan, harga produksinya lebih murah serta fabrikasi yang mudah dan mampu memberikan unjuk kerja yang cukup baik. Dan mampu disesuaikan dalam pemasangannya atau dengan kata lain antena mikrostrip lebih mudah dalam penempatannya pada perangkat telekomunikasi

Antenna microstrip memiliki klasifikasi dan berdasarkan bentuk elemen peradiasi (*patch*). Patch antena mikrostrip memiliki bentuk bermacam macam, antara lain persegi (*square*), lingkaran (*circle*), segiempat (*rectangular*), garis tipis (*dipole*), segitiga (*triangle*), dan lonjong (*elips*). Frekuensi yang diinginkan bisa didapatkan dengan mengatur lebar elemen peradiasi yang sesuai dengan frekuensi kerjanya (Surjati, 2010).

Salah satu penggunaan antena microstrip adalah untuk telekomunikasi satelit. Sistem telekomunikasi satelite banyak digunakan dalam kehidupan sehari- hari contohnya sebagai saluran *channel* TV satelit, GPS (*Global Positioning System*) dan *mobile satellite service*.

Mobile Satellite adalah salah satu komunikasi menggunakan media satelit.

Sistem mobile satellite adalah dimana penggunaan media satelit sebagai stasiun telekomunikasi antar perangkat dan satelit secara langsung. Satelit berada di ketinggian tertentu dan mempunyai orbit sesuai ketinggiannya. Satelit yang digunakan untuk komunikasi *mobile satellite* adalah jenis LEO (*Low Earth Orbit*) dan GEO (*Geosynchronous Earth Orbit*) yang ketinggiannya 35768km di atas permukaan bumi. Di bawah ini adalah tabel beberapa frekuensi yang digunakan sebagai telekomunikasi satelit.

**Tabel 1. 1 Layanan Frekuensi *Mobile Satellite***

Band	Frekuensi (GHz)	Frekuensi (GHz)
L	1,5 - 1,6	Komunikasi mobile satelit
S	2,5	Komunikasi mobile satelit
C	4 – 6	Trunk Telepon/ data/ DTH
X	7 - 8	militer
Ku	10 - 14	DTH/ data
Ka	20 - 30	Broadband / tv satelit

Untuk itu peneliti ingin melakukan penelitian membuat antena mikrostrip segiempat pada aplikasi *mobile* satelit dengan frekuensi kerja 1,5-1,6GHz dengan *Bandwidth* minimal 100MHz, *Return loss* dibawah -10dB,  $VSWR \leq 2$  dan dengan

polarisasi melingkar.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah cara menentukan ukuran elemen peradiasi pada antena mikrostrip ?
2. Bagaimanakah cara merancang antena mikrostrip yang bekerja pada aplikasi *mobile* satellite?
3. Berapakah lebar pita (*bandwidth*) yang digunakan pada antena mikrostrip tersebut ?
4. Bagaimanakah cara mendesain antena mikrostrip menggunakan perangkat lunak *CST Microwave Studio 2014* ?
5. Bagaimanakah cara menguji antena mikrostrip tersebut ?

## 1.3. Batasan Masalah

Skripsi ini difokuskan pada perancangan antena mikrostrip berbentuk segiempat pada aplikasi *mobile* satelit pada frekuensi kerja 1,5 - 1,6GHz, *Bandwidth* 100MHz,  $VSWR \leq 2$ , dan *Return Loss* dibawah -10db dengan polarisasi melingkar. dengan perangkat lunak *CST Microwave Studio 2014*, fabrikasi antena menggunakan bantuan pihak ketiga dan pengujian antena menggunakan *spectrum analyzer* dengan parameter yang diukur yaitu frekuensi, *bandwidth*, *Return Loss* dan *VSWR*.

#### **1.4. Perumusan Masalah**

Bagaimana merancang bangun antenna mikrostrip pada aplikasi *mobile* satelit frekuensi kerja 1,5 – 1.6 GHz, dengan *Bandwidth* minimal 100MHz, *Return Loss* dibawah -10db, dan VSWR kurang dari sama dengan 2, polarisasi melingkar dengan perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014?.

#### **1.5. Tujuan Penelitian**

Sesuai dengan masalah yang telah dirumuskan dan diidentifikasi, maka tujuan penelitian dari pembuatan tugas akhir ini adalah merancang antenna mikrostrip segiempat di frekuensi kerja 1,5GHz - 1,6GHz pada aplikasi *mobile* satelit dengan perangkat lunak CST *Microwave studio* 2014.

#### **1.6. Kegunaan Penelitian**

Dengan penelitian ini diharapkan pembaca dapat mengetahui teknik-teknik untuk membuat antenna mikrostrip bekerja pada frekuensi tertentu. Peneliti juga berharap desain antenna yang dirancang dapat digunakan dan dikembangkan pada aplikasi *mobile* satelit yang sebenarnya.

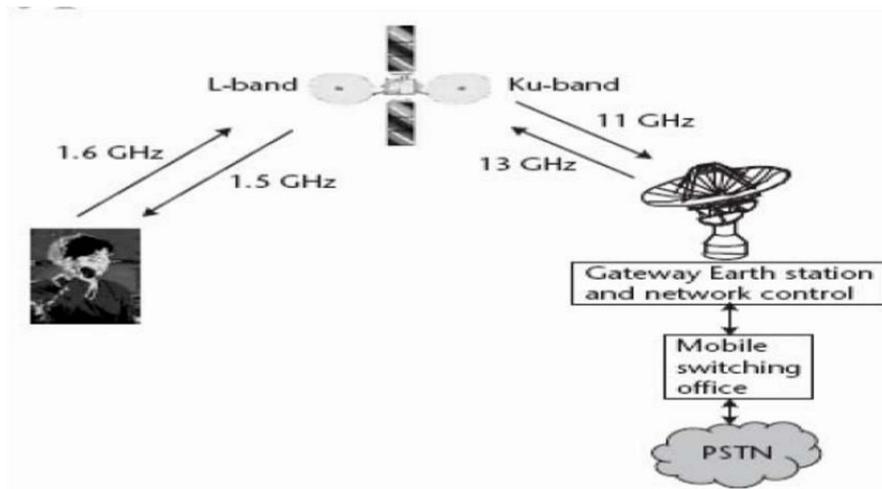
## BAB II

### KERANGKA TEORITIK, KERANGKA BERFIKIR, DAN HIPOTESIS PENELITIAN

#### 2.1. Kajian teoritik

##### 2.1.1. Sistem Mobile Satelit

Sistem mobile satelite adalah dimana penggunaan media satelit sebagai stasiun telekomunikasi antar perangkat dan satelit secara langsung. Satelit berada di ketinggian tertentu dan mempunyai orbit sesuai ketinggiannya. Satelit yang digunakan untuk komunikasi *mobile satellite* adalah jenis LEO (*Low Earth Orbit*) dan GEO (*Geosynchronous Earth Orbit*) yang ketinggiannya 35768km di atas permukaan bumi. Satelit orbit ini paling sering digunakan dalam telekomunikasi *mobile satellite*.



Gambar 2. 1 Sistem Telekomunikasi Satelit

L -band Layanan Mobile- satelit ( seperti itu gambar 2.1 adalah dari Inmarsat dan Globalstar ) menggunakan frekuensi 1500-1600MHz (SES, 2014). sedangkan Layanan 2 GHz Mobile-satelit (yang digunakan oleh beberapa satelit *geosynchronous*) menggunakan frekuensi 2000-2020 MHz : ( Uplink ) dan 2180-2200 ( Downlink ). Pada penelitian ini pembuatan antena microstrip akan digunakan untuk frekuensi 1,5 – 1,6 GHz *mobile satellit*.

MSS digunakan untuk aplikasi seperti voice, fax, sms, data video, land-mobile, dan navigasi. sebenarnya Indonesia pun memanfaatkan satelit-satelit lain untuk kepentingan meterologi dan geofisika, pemetaan, inderaja (penginderaan jauh), dan lain sebagainya. Satelit-satelit global seperti NOAA, GPS, GLONASS, GALILEO banyak digunakan untuk kepentingan-kepentingan tersebut (Setiawan, 2010:125)

#### 2.1.1.1. Alokasi Frekuensi

satelit telekomunikasi maupun satelit broadcasting di Indonesia. Penggunaan spektrum frekuensi diatur oleh International Telecommunication Union (ITU) seperti ditunjukkan pada table 1. Sedangkan berbagai layanan pada sistem komunikasi satelit seperti ditunjukkan pada table 2. Pada tabel 3 yaitu alokasi penggunaan frekuensi satelit pada data SES tahun 2014.

**Tabel 2. 1 Alokasi Frekuensi**

Band	Frekuensi (GHz)
L	1 – 2
S	2 – 4
C	4 - 8

X	8 – 12
Ku	12 – 18
K	18 - 27
Ka	27 - 40

**Tabel 2. 2 Layanan Satelit (SES, 2014)**

Band	Frekuensi (GHz)	Frekuensi (GHz)
L	1,5 - 1,6	Komunikasi mobile satelit
S	2,5	Komunikasi mobile satelit
C	4 – 6	Trunk Telepon/ data/ DTH
X	7 - 8	militer
Ku	10 - 14	DTH/ data
Ka	20 - 30	Broadband / tv satelit

#### **2.1.1.2. Inmarsat *Mobile Satellite System***

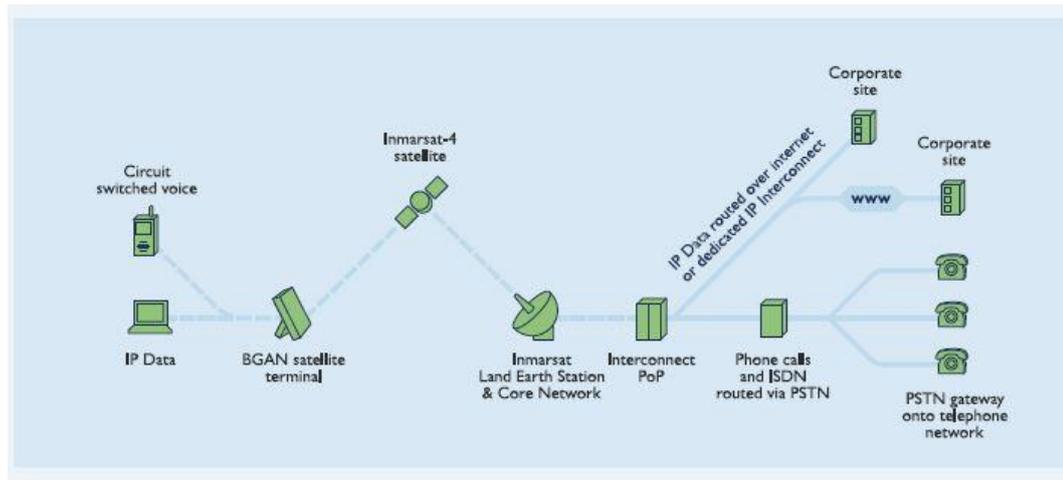
Satelit Inmarsat digunakan untuk MSS (*Mobile Satellite Service*) pada frekuensi L-Band. Sebuah stasiun bumi bergerak yg disebut MES (*Mobile Earth Station*) adalah perangkat yang terpasang di kendaraan untuk memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan pelanggan darat melalui Inmarsat satelit.

L -band membawa beberapa keuntungan penting untuk pelanggan atas pilihan komunikasi lainnya. Dengan ketersediaan layanan yang tak tertandingi di 99,9 % untuk jaringan satelit dan tanah , Inmarsat layanan L -band mampu tampil baik di lingkungan memudar hujan lebat. Layanan L -band memiliki keunggulan biaya yang signifikan di beberapa bagian dunia.



**Gambar 2. 2 Penggunaan *Mobile Earth Station***

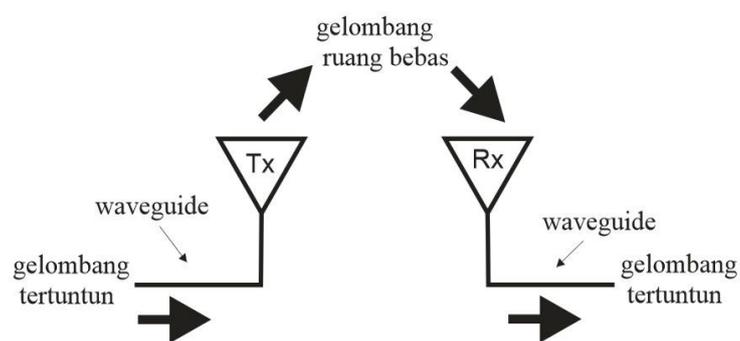
Terminal L -band kecil dan sangat mudah digunakan . Terminal BGAN adalah terminal kecil dan cukup ringan untuk dibawa dan digunakan oleh individu. Terminal BGAN kendaraan menyediakan COTP (*Communications On The Pause*) atau COTM (*Communication On The Move*) yang merupakan ciri khas dari layanan Inmarsat.



**Gambar 2. 3 Arsitektur Mobile Satellite Inmarsat**

### 2.1.2. Antena

Antena merupakan elemen pada sistem komunikasi *wireless* (tanpa kabel) yang berperan untuk mengubah gelombang elektromagnetik tertuntun (dalam saluran kabel) menjadi gelombang elektromagnetik yang merambat bebas di udara (Alaydrus, 2011:1).



**Gambar 2. 4 Antena**

### 2.1.2.1. Antena Mikrostrip

Salah satu antena yang paling populer dan banyak dikembangkan oleh peneliti adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip sangat cocok digunakan untuk perangkat telekomunikasi yang memperhatikan bentuk dan ukuran. Ukurannya yang kecil dan beratnya yang ringan membuat jenis antena mikrostrip sederhana untuk dibuat dan mudah untuk digunakan.

Antena mikrostrip merupakan jenis antena yang dikembangkan dari struktur pemandu gelombang mikrostrip (*microstrip lines*). Pemandu gelombang mikrostrip merupakan jalur-jalur pada sebuah substrat yang terbuat dari material dielektrika seperti pada *printed circuit board* (PCB) (Sandi, 2012:44). Antena mikrostrip merupakan salah satu antena gelombang mikro yang digunakan sebagai radiator pada sejumlah sistem telekomunikasi modern seperti *Global Positioning System* (GPS), dan *Radio Detection And Ranging* (Radar) (Sudjati, 2010:1) . Pada dasarnya antena mikrostrip merupakan pemandu gelombang biasa, namun karena proses pembentukannya yang sederhana, murah dan efisien membuat jenis antena mikrostrip banyak diaplikasikan untuk piranti telekomunikasi seperti komunikasi satelit, Wimax, Wi-Fi dan Radar. Namun antena mikrostrip memiliki kelemahan yaitu gain yang dicapainya sangat kecil, sekitar 6 dBi, dan mempunyai *bandwidth* yang kecil dan hanya bisa memancarkan sinyal dengan daya yang relatif kecil, maksimal 100 Watt (Alaydrus, 2011 : 188).

Antena mikrostrip memiliki tiga bagian, yaitu : elemen peradiasi (*patch*), saluran transmisi, dan bidang pertanahan (*ground*). Ketiga elemen tersebut melekat pada substrat dielektrik dimana elemen peradiasi dan saluran transmisi pada bagian atas, sedangkan bidang pertanahan pada bagian bawah. Substrat

dielektrik dapat berpengaruh terhadap perancangan antenna. Parameter yang mempengaruhi hal tersebut adalah nilai ketebalan substrat ( $h$ ), nilai rugi-rugi dielektrik, dan konstanta dielektrik substrat ( $\epsilon_r$ ). Ketiga nilai tersebut didapatkan sesuai dengan jenis substrat yang digunakan.

Elemen peradiasi (*patch*) berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik. Bentuk *patch* dapat bermacam-macam, yang terpenting adalah penentuan ukuran *patch* tersebut. Pada *patch* berbentuk segiempat nilai panjang ( $L$ ) dan lebar ( $W$ ) yang harus dicari. Biasanya ukuran *patch* setengah kali dari ukuran substrat.

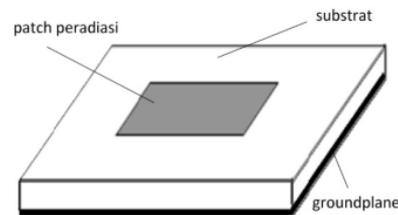
Antena mikrostrip merupakan evolusi dari saluran transmisi mikrostrip, dimana saluran ini berfungsi untuk mentransmisikan gelombang elektromagnetik terutama yang bekerja pada frekuensi tinggi (gelombang mikro). Impedansi gelombang yang mengalir pada saluran transmisi dipengaruhi oleh nilai ketebalan, dan permitivitas relatif substrat ( $\epsilon_{\text{reff}}$ ), serta lebar, dan panjang saluran transmisi. Permitivitas relatif substrat berfungsi untuk mengetahui garis pancar dan berkas hamburan gelombang elektromagnetik yang mengalir pada saluran transmisi.

Dapat disimpulkan bahwa antenna mikrostrip adalah antenna yang memiliki bentuk *low profil* dan terbuat dari material dielektrika seperti pada papan PCB berfungsi sebagai pemancar dan penerima gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk aplikasi sistem telekomunikasi *Mobile Satellite*.

#### **2.1.2.2. Bentuk Antena Mikrostrip**

Bentuk dari antenna mikrostrip dapat dibuat dalam bentuk elemen peradiasi yang dirancang pada sebuah substrat untuk membawa muatan listrik di daerah

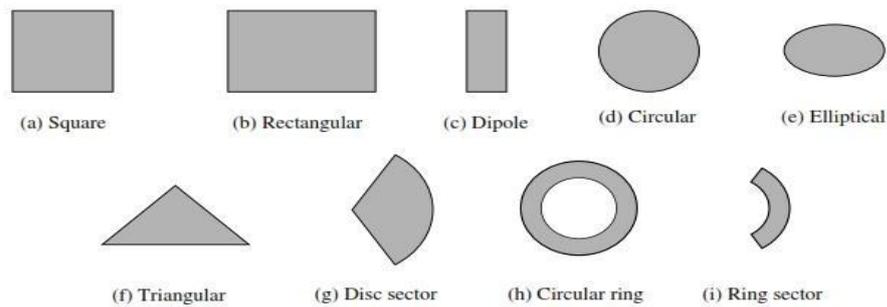
bidangnya. Gambar 2.3 memperlihatkan struktur dasar dari antenna mikrostrip yang tersusun atas *substrat*, *patch* dan *groundplane* (Balanis, 1997:812)..



**Gambar 2. 5 Struktur Bahan Antena**

Elemen substrat (*substrate*) memiliki fungsi sebagai bahan dielektrik dari antenna mikrostrip yang menjadi batas antara *patch* dan *ground plane*. Elemen substrat memiliki jenis yang bermacam-macam yang dapat dikelompokkan berdasarkan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) dan ketebalan ( $h$ ). Kedua nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth*, dan juga efisiensi dari antenna yang akan dibuat. Semakin tebal substrat maka akan mempengaruhi *bandwidth* yang akan semakin meningkat, tetapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*).

Elemen peradiasi (*radiator*) atau biasa disebut sebagai *patch*, berfungsi untuk meradiasi gelombang elektromagnetik dan terbuat dari lapisan logam (metal) yang memiliki ketebalan tertentu. Jenis logam yang biasanya digunakan adalah tembaga (*copper*) dengan konduktivitas  $5,8 \times 10^7$  S/m. Berdasarkan bentuknya, *patch* memiliki jenis yang bermacam-macam diantaranya bujur sangkar (*square*), persegi panjang (*rectangular*), garis tipis (*dipole*), lingkaran, elips, segitiga, dan lain-lain (Balanis, 1997:813). Berikut ini Gambar 2.4 adalah beberapa bentuk-bentuk antenna mikrostrip :

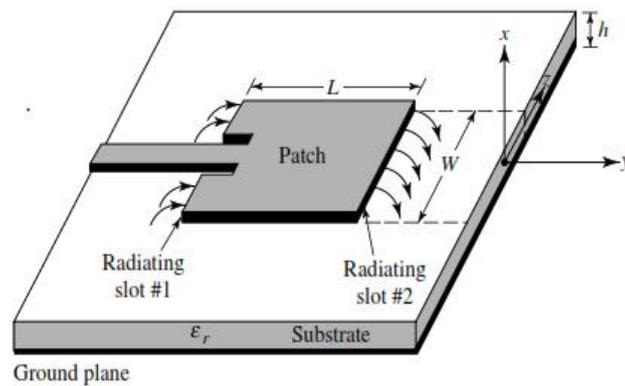


**Gambar 2. 6 Macam Bentuk Antena Mikrostrip**

Sedangkan elemen pertanahan (*ground plane*) memiliki fungsi sebagai pembumian dalam sistem antena mikrostrip. Elemen tersebut umumnya memiliki jenis bahan yang sama dengan bahan peradiasi yang berupa logam tembaga (*copper*).

Dalam antena mikrostrip tergantung pada kebutuhan desain antena yang diinginkan. Pengaruhnya adalah pada hasil parameter yang ingin diperoleh. Bentuk elemen (*patch*), jenis bahan, dan pencatutan yang didesain akan mempengaruhi serta polarisasi, pola pancar dan impedansi antena mikrostrip dan frekuensi.

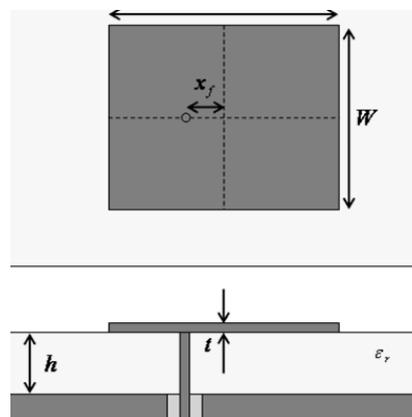
Dalam perancangan digunakan *patch* yang berbentuk segiempat. Bentuk antena mikrostrip *patch* segiempat adalah bentuk antena yang paling banyak digunakan. Karena antena jenis segiempat sangat mudah untuk dianalisis menggunakan metode analisis *transmission-line and cavity models*, yang paling akurat adalah menggunakan substrat yang tipis (Sudjati, 2010). Antena mikrostrip *patch* segiempat dimana  $W$  dan  $L$  adalah lebar dan panjang dari *patch*,  $h$  adalah tebal substrat dan  $\epsilon_r$  merupakan nilai konstanta dielektrik dari substrat seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4 (Balanis, 1997:813).



**Gambar 2. 7 Antena mikrostrip *patch* segiempat**

**2.a. Patch Segi-empat**

Dalam perancangan antena, ukuran *patch* merupakan hal terpenting yang mempengaruhi kerja suatu antena. Parameter yang ditentukan adalah W (lebar *patch*), dan L (panjang *patch*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.6.



**Gambar 2. 8 Bentuk Antena Mikrostrip Segiempat**

Untuk mendapatkan nilai panjang dan lebar *patch* dapat menggunakan persamaan dibawah ini :

$$W_p = \frac{c}{2 f_o \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \dots\dots\dots(\text{pers 2.1})$$

Dimana :

$W_p$  : Lebar *Patch* (m)

$c$  : Kecepatan Cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

$f_o$  : Frekuensi Kerja (Hz)

$\epsilon_r$  : Konstanta dielektrik substrat.

Besar konstanta dielektrik bergantung pada jenis substrat yang digunakan. Setiap substrat memiliki konstanta dielektrik berbeda dan hal itu memberikan pengaruh pada hasil perhitungan dan karakteristik masing-masing bahan substrat. Dalam bahan substrate FR-4 ini nilai konstanta dielektriknya  $\epsilon_r = 4,3$ .

Untuk mendapatkan panjang elemen peradiasi, terlebih dahulu dihitung nilai konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_{eff}$ ), menggunakan persamaan.

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W_p}}} \right] \dots\dots\dots(\text{pers 2.2})$$

Dimana:

$h$  = ketebalan bahan substrate

$W_p$  = lebar elemen peradiasi

$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik substrate

$$\Delta L = 0.412 h \frac{(\epsilon_{eff} + 3) \left( \frac{W_p}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{W_p}{h} + 0.8 \right)} \dots\dots\dots(\text{pers 2.3})$$

Kemudian mencari panjang elemen peradiasi efektif yang dapat dicari dengan persamaan

$$L_{\text{eff}} = \frac{C}{f_r \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \dots\dots\dots(\text{pers 2.4})$$

Sehingga untuk mencari ukuran panjang dari elemen peradiasi (L) dapat dihitung melalui persamaan 2.4 dan persamaan 2.5.

$$L = L_{\text{eff}} - \Delta L \dots\dots\dots(\text{pers 2.5})$$

Dilihat dari persamaan 2.1 sampai dengan 2.5, ukuran panjang dan lebar *patch* bisa didapatkan berdasarkan nilai frekuensi kerjanya. Ukuran ini yang akan digunakan pada proses desain antena. Selanjutnya dapat ditentukan parameter-parameter lainnya dari antena mikrostrip sehingga sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Pada persamaan 2.6 adalah persamaan yang umum digunakan untuk mencari panjang dari elemen peradiasi antena mikrostrip.

$$L_p = \frac{c}{2 f_o \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \dots\dots\dots(\text{pers2.6})$$

dimana :

$L_p$  : Panjang *Patch* (m)

$f_o$  : Frekuensi Kerja (Hz)

$\epsilon_{\text{eff}}$  : Permittivitas dielektrik substrat

### 2.1.2.3. Jenis Antena Mikrostrip Array

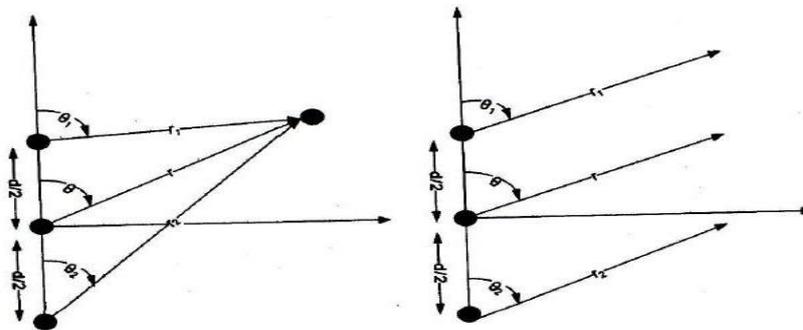
Pada umumnya antena *single* mikrostrip memiliki pola radiasi yang sangat lebar, dan menghasilkan keterarahan dan perolehan *gain* yang kurang maksimal. Sedangkan pada beberapa aplikasinya dengan keterarahan dan

perolehan *gain* yang tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan karakteristik aplikasi penggunaan antenna, maka antenna mikrostrip disusun dengan beberapa konfigurasi. Susunan antenna sering disebut sebagai antenna *array*. Antenna *array* adalah susunan dari beberapa elemen antenna mikrostrip yang identik atau sama persis dari ukuran dan sebagainya (Alaydrus, 2011: 194).

Dalam susunannya yang di *array* adalah *patch* atau elemen peradiasi. Medan total dari antenna *array* ditentukan oleh penjumlahan vektor dari medan yang diradiasikan oleh elemen tunggal. Untuk membentuk pola yang keterarahannya telah ditentukan, maka diperlukan medan dari setiap elemen *array* berinterferensi secara konstruktif pada arah yang diinginkan. Pada antenna *array* dengan elemen yang identik, ditunjukkan lima parameter yang dapat digunakan untuk membentuk pola antenna, yaitu (Alaydrus, 2011: 194).

- Konfigurasi geometri (*linier*, *melingkar*, *rectangular* dan *spherical*)
- Pemindahan relatif antara elemen
- Amplitudo eksitasi dari setiap elemen
- Pola relatif dari setiap elemen

Antenna susunan *array* dapat dimisalkan sebagai susunan dari dipole horisontal yang sangat kecil, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2. 9 Dua Elemen Array**

Dari gambar 2.6 diperoleh medan total ( $E_t$ ) yang diradiasikan oleh kedua elemen ditunjukkan pada persamaan 2.7 (Sudjati, 2010:30).

$$E_t = E_1 + E_2 = \hat{a}_\theta j \eta \frac{kl_0 l}{4\pi} \left\{ \frac{e^{-j[k\eta - (\beta/2)]}}{r_1} \cos \theta_1 + \frac{e^{-j[k\eta + (\beta/2)]}}{r_2} \cos \theta_2 \right\} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana  $\beta$  adalah perbedaan eksitasi fasa diantara elemen,  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ,  $r_1$  dan  $r_2$  adalah jarak observasi. Magnitudo eksitasi pada radiator adalah identik. Jika ditinjau dari sudut pandang medan jauh, maka:

$$\theta_1 = \theta_2 = \theta \dots\dots\dots (2.8)$$

$$r_1 = r - \frac{d}{2} \cos \theta \text{ , untuk perbedaan fasa}$$

$$r_2 = r + \frac{d}{2} \cos \theta \text{ , untuk perbedaan fasa}$$

$$r_1 = r_2 = r \text{ , untuk variasi amplitude}$$

Persamaan 2.7 selanjutnya dapat dituliskan pada persamaan 2.8 dan persamaan 2.9.

$$E_t = \hat{a}_\theta j \eta \frac{kl_0 l}{4\pi} \cos \theta [e^{+j(kd \cos \theta + \beta)/2} + e^{-j(kd \cos \theta + \beta)/2}] \dots\dots\dots (2.9)$$

$$E_t = \hat{a}_\theta j \eta \frac{kl_0 l e^{-jkr}}{4\pi r} \cos \theta 2 \cos \left[ \frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] \dots\dots\dots (2.10)$$

Dari persamaan 2.9 dan persamaan 2.10 ditunjukkan bahwa medan total dari *array* adalah sama dengan medan dari elemen tunggal dikalikan dengan faktor yang disebut sebagai faktor *array* (*array factor*). Untuk 2 elemen *array*, nilai *array factor* dapat menggunakan persamaan 2.11 dan persamaan 2.12.

$$AF = 2 \cos \left[ \frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] \dots\dots\dots (2.11)$$

Dan dinormalisasi menjadi:

$$(AF)_n = \cos \left[ \frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] \dots \dots \dots (2.12)$$

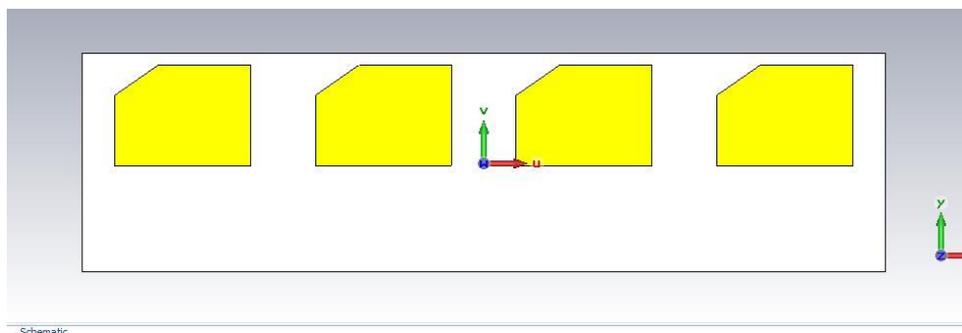
Dengan  $d$  adalah jarak antar elemen. Sehingga untuk mencari sudut null ( $\theta_n$ ), yaitu pada saat medan listrik total  $E_t = 0$ , nilai AF diset menjadi nol, seperti ditunjukkan pada persamaan 2.13 dan persamaan 2.14

$$\cos \left[ \frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] = 0 \rightarrow \frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) = \pm \left( \frac{2n+1}{2} \right) \pi \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\rightarrow \theta_n = \cos^{-1} \left( \frac{\lambda}{2\pi d} [-\beta \pm (2n + 1) \pi] \right) \dots \dots \dots (2.14)$$

$N = 0, 1, 2, \dots \dots \dots$

Antena mikrostrip *array* dapat berbentuk seri, paralel, atau gabungan keduanya. Ada beberapa macam konfigurasi antena *array*, diantaranya linear, *planar*, dan *circular*. Pada penelitian ini digunakan konfigurasi antena *array* linear 4 elemen. Gambar 2.8 menunjukkan hasil desain konfigurasi *array* linear pada lapisan substrat pertama.



**Gambar 2. 10 Antena Mikrostrip Array Linear**

#### 2.1.2.4. Parameter Antena Mikrostrip

Untuk mengetahui spesifikasi standar dari antena yang dirancang, terdapat parameter yang dimiliki oleh antena mikrostrip yang sering digunakan dalam

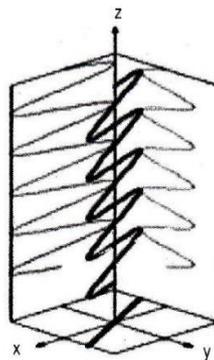
simulasi ataupun pengukuran. Antena microstrip memiliki beberapa parameter, parameter tersebut adalah:

#### 4.a. Polarisasi

Polarisasi merupakan gelombang yang ditransmisikan oleh antena. Polarisasi dari gelombang yang diteradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan berupa gelombang elektromagnetik berdasarkan satuan waktu dengan vektor medan elektrik (Sudjati, 2010:24). Polarisasi pada antena mikrostrip dibagi menjadi 3 macam, yaitu :

##### 1. Polarisasi Linier

Polarisasi linier terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang memiliki vector medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada setiap waktu. Untuk lebih jelasnya terlihat pada gambar 2.9.



**Gambar 2. 11 Polarisasi Linier**

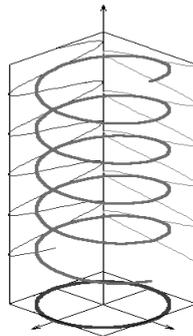
Untuk mendapatkan polarisasi ini, kondisi yang harus dipenuhi, yaitu :

1. Hanya ada satu komponen, atau

2. Dua komponen yang saling tegak lurus secara linier yang berada pada perbedaan fasa waktu atau  $180^\circ$  atau kelipatannya.

## 2. Polarisasi Melingkar

Polarisasi melingkar adalah jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu. Polarisasi melingkar dibagi menjadi dua jenis, yaitu LHCP (*Left Hand Circular Polarization*), dan RHCP (*Right Hand Circular Polarization*). Perbedaan antara keduanya adalah LHCP terjadi pada saat fasa waktu  $+\pi/2$ , sedangkan RHCP terjadi pada saat fasa waktu  $-\pi/2$  (Sudjati, 2010:26). Dapat dilihat pada gambar 2.10.



**Gambar 2. 12 Polarisasi Melingkar**

Kondisi yang harus dipenuhi untuk mendapatkan polarisasi melingkar adalah:

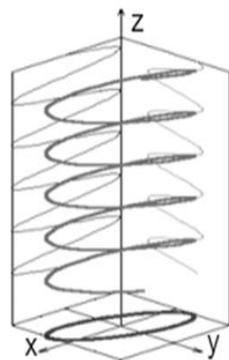
1. Medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier.

2. Kedua komponen harus mempunyai magnitudo yang sama.
3. Kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan fasa pada kelipatan ganjil  $90^\circ$ .

### 3. Polarisasi Elips

Polarisasi elips terjadi akibat perubahan fasa yang memiliki vektor medan pada posisi elips pada ruang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5. Untuk mendapatkan polarisasi ini, kondisi yang harus dipenuhi, yaitu :

1. Medan harus memiliki dua komponen linier *orthogonal*.
2. Kedua komponen tersebut dapat berada pada magnitudo yang sama maupun berbeda.
3. Apabila kedua komponen tersebut memiliki magnitudo yang sama maka fasa waktunya tidak berada pada kelipatan  $0^\circ$  atau  $180^\circ$ , sedangkan magnitudo yang tidak sama maka fasa waktunya tidak berada pada kelipatan ganjil.



**Gambar 2. 13 Polarisasi Elips**

#### 4.b. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

Nilai tegangan gelombang berdiri (VSWR) merupakan perbandingan antara nilai amplitudo maksimum dengan nilai amplitudo minimum. Untuk mencari nilai VSWR menggunakan persamaan berikut :

$$S = \frac{|\tilde{V}|_{max}}{|\tilde{V}|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \dots\dots\dots(pers 2.15)$$

Koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya magnitude dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari  $\Gamma$  adalah nol, maka:

$\Gamma = -1$  : refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat.

$\Gamma = 0$  : tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.

$\Gamma = +1$  : refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka

Kondisi paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ( $S = 1$ ) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan matching sempurna. Nilai parameter menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan. Tetapi pada praktiknya nilai tersebut sulit untuk didapat. Oleh sebab itu, terdapat nilai maksimum VSWR yaitu sama dengan dua.

#### 4.c. *Return Loss*

*Return loss* merupakan nilai perbandingan antara amplitudo yang dipancarkan dengan amplitudo yang dipantulkan kembali. Karena adanya ketidaksinambungan antara saluran transmisi dengan impedansi masukan, gelombang yang dipancarkan tidak semuanya diterima, tetapi ada yang dipantulkan kembali. Perbandingan antara gelombang yang dipantulkan dengan

yang diterima disebut faktor refleksi. Faktor refleksi dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\Gamma = \frac{V_o^-}{V_o^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots(\text{pers 2.16})$$

dimana :

$\Gamma$  : koefisien refleksi tegangan

$V_o^-$  : tegangan yang dipantulkan (Volt)

$V_o^+$  : tegangan yang dikirimkan (Volt)

$Z_L$  : impedansi beban (Ohm)

$Z_0$  : impedansi saluran *lossless* (Ohm)

Nilai *return loss* dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

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

Nilai *return loss* minimum dibawah -9.54 dB, oleh sebab lebih dari itu nilai *return loss*-nya akan semakin kecil. Nilai *return loss* berhubungan erat dengan nilai VSWR antenna. Nilai VSWR yang baik atau sama dengan 2, sehingga nilai *return loss* yang baik adalah lebih kecil atau sama dengan -9,54 dB. Maka dari itulah frekuensi kerja dari antenna yang baik adalah ketika *return loss*-nya bernilai  $\leq -9,54$  dB dan  $\text{VSWR} \leq 2$ .

#### 4.d. Gain

*Gain* merupakan nilai perbandingan antara intensitas radiasi pada arah utama dengan intensitas radiasi saat daya yang dipancarkan secara isotropik (arah pancar merata kesemua arah) sama dengan daya yang diterima oleh antenna.

Parameter *gain* ada dua, yaitu *Absolute gain*, dan *Relative gain*. *Absolute gain* merupakan perbandingan intensitas radiasi pada arah tertentu dengan

intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Sedangkan *relative gain* adalah perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi, dan arah yang direferensikan juga.

#### 4.e. Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi merupakan frekuensi kerja dari suatu antenna. Parameter yang diperlukan untuk menentukan frekuensi kerja dari antenna adalah grafik VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*), dan grafik *return loss*. Nilai VSWR harus lebih kecil atau sama dengan 2, dan *return loss* harus lebih kecil atau sama dengan 9.54 dB.

#### 4.f. Bandwidth (Lebar Frekuensi)

*Bandwidth* (Lebar frekuensi) adalah rentang frekuensi yang bekerja pada suatu antenna. *Bandwidth* memiliki batas frekuensi bawah (frekuensi mula-mula) dan frekuensi atas (frekuensi akhir). Berikut ini rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai *bandwidth* :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{pers}$$

2.17)

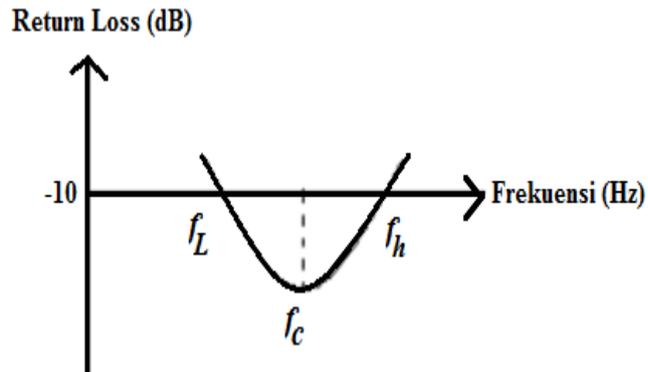
dimana :

BW : *Bandwidth*

$f_1$  : Frekuensi bawah (Hz)

$f_2$  : Frekuensi atas (Hz)

$f_c$  : Frekuensi tengah (Hz)



**Gambar 2. 14** Lebar pita (bandwidth)

Pada antena mikrostrip, terdapat tiga macam *bandwidth* yang digunakan pada perancangan dan pengukuran, yaitu :

### 1. *Impedance Bandwidth*

Kondisi ini terjadi saat *patch* dengan saluran pencatu antena berada dalam keadaan *matching*. Parameter untuk mengetahui keadaan tersebut adalah nilai *return loss* saat -10dB, dan VSWR kurang dari atau sama dengan 2.

### 2. *Pattern Bandwidth*

Kondisi saat rentang frekuensi pada *beamwidth*, *sidelobe*, atau *gain* yang bervariasi menurut frekuensi tertentu. Penentuan frekuensi terlebih dahulu diperlukan untuk mengetahui nilai *bandwidth*-nya.

### 3. *Polarization* atau *Axial Ratio Bandwidth*

Kondisi saat rentang frekuensi pada polarisasi linier atau melingkar terjadi. Biasanya pada polarisasi melingkar nilai *axial ratio* yang dihasilkan lebih kecil dari 3 dB.

#### 4.g. *Directivity* (Keterarahan)

Keterarahan (*directivity*) adalah nilai perbandingan antara intensitas radiasi suatu antena pada arah tertentu dengan rata-rata intensitas radiasi dari semua arah suatu antena. Penentuan arah antena dapat menggunakan intensitas radiasi dalam keadaan maksimum. Untuk mencari nilai keterarahannya dapat menggunakan rumus:

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \dots\dots\dots(\text{pers}$$

2.18)

Dimana :

D : Keterarahan

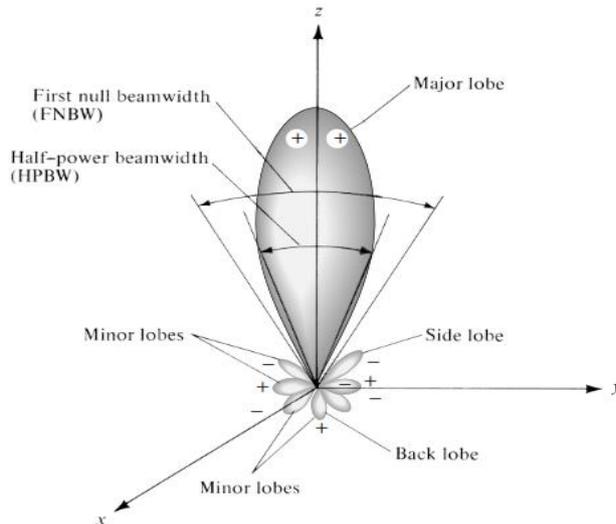
U : Intensitas Radiasi

$P_{rad}$  : Daya total radiasi

#### 4.h. Pola Radiasi

Pola radiasi merupakan gambaran dari sifat-sifat radiasi pada antena saat memancar seperti kerapatan fluks, polarisasi, *directivity*, intensitas radiasi, kuat

medan elektrik dalam bentuk dua atau tiga dimensi berdasarkan energi yang diradiasikan antena. Untuk lebih jelasnya seperti gambar 2.13.



**Gambar 2. 15 Pola Radiasi Antena Mikrostrip**

Definisi dari istilah-istilah pada parameter pola radiasi, sebagai berikut :

1. *Major lobe*

*Major lobe* disebut juga *main lobe* didefinisikan sebagai *radiation lobe* yang berisi arah radiasi maksimum. *Major lobe* merupakan daerah pancaran terbesar sehingga dapat menentukan arah radiasi dan mempunyai daya yang besar.

2. *Side lobe*

*Side lobe* terdiri dari :

- 1) *First side lobe* yaitu minor lobe yang posisinya paling dekat dengan main lobe.
- 2) *Second side lobe* yaitu *minor lobe* yang posisinya setelah *first side lobe*

3) *Back lobe* yaitu *minor lobe* yang posisinya berlawanan dengan *main lobe*.

3. *Half Power Beamwidth (HPBW)*

*Half Power Beamwidth* adalah daerah sudut dibatasi oleh titik-titik  $\frac{1}{2}$  daya atau -3 dB dari medan maksimum pada *lobe* utama.

4. *First Null Beamwidth (FNBW)*

*First Null Beamwidth* adalah besar sudut bidang diantara dua arah pada *main lobe* yang intensitas radiasinya nol.

5. *Side lobe Level (SLL)*

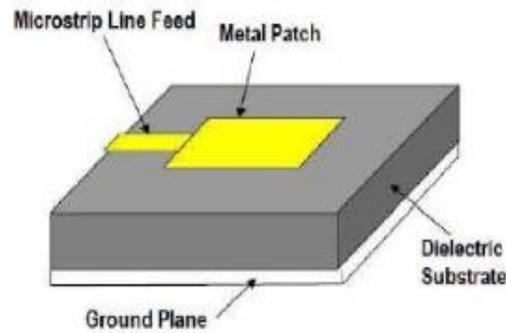
*Side lobe Level* adalah perbandingan antara *first lobe* dan *main lobe*.  
*Side Lobe Level* menyatakan besar dari *side lobe*.

6. *Front to Back Ratio (FBR)*

*Front to Back Ratio* adalah perbandingan antara *main lobe* terhadap *back lobe*.

#### **2.1.2.5 Teknik pencatuan**

Teknik pencatuan digunakan untuk menentukan cara pengiriman energi dari sumber ke antena mikrostrip. Saluran pencatu dibagi menjadi dua macam, yaitu pencatuan secara langsung (*direct coupling*), dan pencatuan secara tidak langsung (*electromagnetic coupling*). Pencatuan secara langsung dimana *patch* antena dan konektor dihubungkan secara langsung dengan melakukan penyolderan pada bagian pertanahan.



**Gambar 2. 16** pencatuan langsung

Awalnya teknik ini sering digunakan karena sangat sederhana, tetapi karena memiliki *bandwidth* yang sempit, dan sulit untuk dipabrikasi dalam bentuk *array* maka teknik ini sudah jarang digunakan. Tetapi disamping kelebihan tersebut, teknik pencatuan langsung memiliki kelemahan apabila antena mikrostrip disusun atau *array* dan antena tersebut akan menghasilkan pita frekuensi atau *bandwidth* yang sempit sekitar 2% - 5% (Sudjati, 2010:35).

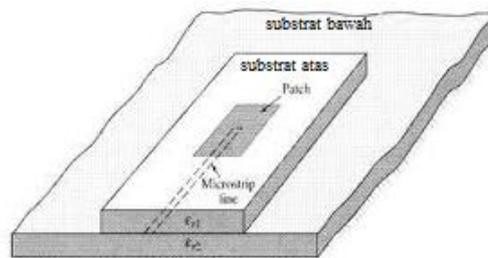
Sedangkan pencatuan secara tidak langsung, dimana tidak ada kontak langsung antara *patch* antena dengan konektor transmisi. Pencatuan secara tidak langsung dibagi menjadi dua macam, yaitu :

#### **5.a. Proximity coupling**

Menggunakan saluran transmisi mikrostrip sebagai pencatu, saluran tersebut biasanya berada pada permukaan yang sama dan terhubung langsung dengan *patch* antena, tetapi pada *proximity coupling* saluran tersebut berada posisi lebih rendah dari *patch*, atau lebih bawah dari *patch*. Hal ini menyebabkan mekanisme penggandengan yang timbul akan semakin kuat.

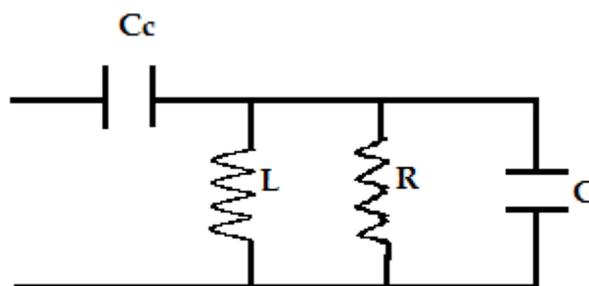
Pada pendekatan ini digunakan dua buah *substrat*, dimana *patch* berada pada *substrat* bagian atas, kemudian saluran transmisi mikrostrip antara *substrat*

atas dengan substrat bawah, dan bidang pertanahan pada bagian bawah *substrat* bagian bawah. Panjang saluran transmisi mencapai titik tengah dari *patch*. Untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada gambar 2.15.



**Gambar 2. 17 Geometri antenna mikrostrip dengan teknik pencatuan secara *proximity coupling***

Mekanisme penggandengan yang dominan adalah kapasitif. Sebuah pendekatan rangkain ekuivalen pada sebuah titik pada saluran pencatu yang tepat pada tepi *patch* ditunjukkan pada gambar 2.16.



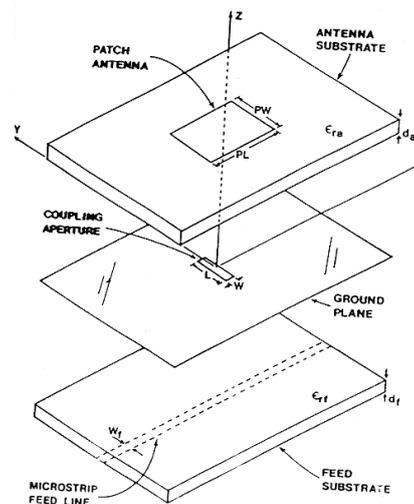
**Gambar 2. 18 Rangkaian Ekuivalen Pencatu pada Tepi *Patch***

Rangkaian yang ditunjukkan pada gambar 2.16, merupakan rangkaian RLC paralel mewakili *patch*.  $C_c$  merupakan penggandengan dari saluran ke *patch*. Besar penggandengan tergantung dari dua faktor, yaitu jarak  $s$  dan lebar *patch*  $w$ . Penggandengan akan meningkat ketika jarak  $s$  bertambah dan mencapai nilai maksimum ketika  $s = L/2$  untuk *patch* segiempat.

### 5.b. *Aperture coupling*

Teknik penggandengan celah antara saluran transmisi dan antena mikrostrip dapat membuat *bandwidth* yang lebar dan tingkat isolasi saluran transmisi yang baik. Hal ini juga memungkinkan penggunaan bahan substrat yang berbeda.

Susunan antena terdiri dari dua buah atau lebih dimana permukaan pada substrat bagian atas terdapat *patch* antena, kemudian saluran transmisi berada pada permukaan substrat bagian bawah, dan antara *patch* dengan saluran transmisi terdapat bidang pentanahan yang digandeng dengan sebuah celah. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.17.

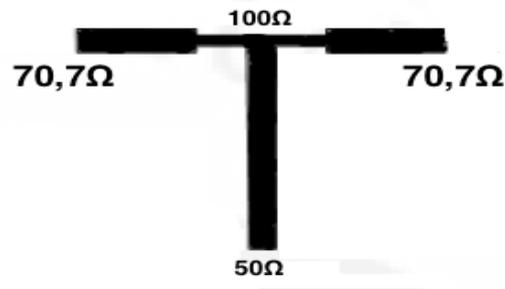


**Gambar 2. 19 Geometri antena mikrostrip dengan teknik pencatuan secara *aperture coupling***

#### 2.1.2.6 T-Junction

*T-junction* berfungsi untuk membagi daya yang biasanya dilakukan dengan pada teknik *array*. Saluran penghubung antara patch antena mikrostrip

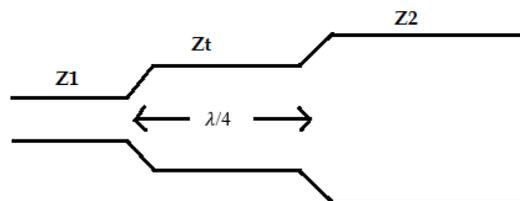
adalah dengan menggunakan *T-junction*. Terdapat berbagai macam bentuk *t-junction* pada antenna mikrostrip. Salah satunya memiliki impedansi masukan  $50\ \Omega$  dari saluran  $50\ \Omega$ , seperti yang ditunjukkan gambar di bawah ini.



**Gambar 2. 20** Salah satu bentuk *T-Junction* pada antenna mikrostrip

### 2.1.2.7 Impedansi *Matching*

(Surjati, 2010: 27-28) Perancangan antenna tidak terlepas dari penyesuaian impedansi. Suatu jalur transmisi dikatakan *matched* apabila karakteristik  $Z_0 = Z_L$ , atau dengan kata lain tidak ada refleksi yang terjadi pada ujung saluran beban.  $Z_0$  merupakan karakteristik impedansi suatu saluran dan biasanya bernilai  $50\ \Omega$ .  $Z_L$  merupakan impedansi beban. Dibutuhkan suatu cara untuk mendapatkan kondisi yang *matching* yaitu dengan cara menambahkan transformasi  $\lambda/4$  yang ditunjukkan pada gambar 2.19.



**Gambar 2. 21** Transformasi  $\lambda/4$

Transformasi  $\lambda/4$  adalah suatu teknik impedansi *matching* dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi  $Z_t$  diantara dua saluran transmisi yang tidak *matching*. Besarnya nilai impedansi  $Z_t$  ditunjukkan pada persamaan

2.19. Rumus untuk mencari dimensi panjang dari impedansi  $Z_T$  ditunjukkan pada persamaan 2.20.

$$Z_T = \sqrt{Z_1 \times Z_2} \dots\dots\dots(\text{pers 2.19})$$

$$l = \frac{1}{4} \lambda_g \dots\dots\dots(\text{pers 2.20})$$

Dimana  $\lambda_g$  adalah panjang gelombang pada bahan dielektrik yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan (2.9).

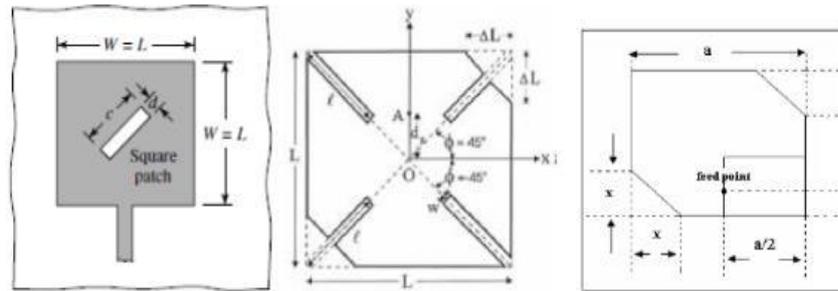
$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots\dots\dots(\text{pers 2.21})$$

### 2.1.2.8 Teknik Menghasilkan Polarisasi Sirkular

#### 8.a. Pemotongan Patch

Selain menggunakan multi-catuan, teknik lain untuk membentuk polarisasi sirkular adalah menggunakan catuan tunggal. Jika bentuk *patch* dasar dicatu menggunakan catuan tunggal, maka polarisasi yang dihasilkan adalah linier. Maka dari itu, untuk membentuk polarisasinya menjadi sirkular, harus dilakukan modifikasi pada bagian *patch*. Modifikasi ini biasa disebut dengan teknik perturbasi. Teknik perturbasi agar antenna *microstrip* berpolarisasi sirkular telah banyak digunakan pada *patch square* diantaranya, memberikan *slot*, menyelipkan *slit*, dan *stacking* antenna. Namun dalam skripsi ini, teknik perturbasi yang digunakan adalah *truncated edge/corner* atau pemotongan tepi pada sudut  $45^\circ$  dan  $225^\circ$  dari sumbu pencatuan. Teknik ini dinilai lebih sederhana dalam perancangan karena memiliki sedikit parameter untuk membentuk polarisasi sirkular dan

menggunakan catuan tunggal sehingga tidak memiliki kompleksitas dari segi pencatuan serta tidak dibutuhkan pembagi daya.



**Gambar 2. 22 Teknik Polarisasi melingkar *Single Feed***

### 2.1.3. Perangkat Lunak CST Studio Suite

CST adalah perusahaan menengah yang mengembangkan perangkat lunak untuk simulasi medan elektromagnetik dalam struktur tiga dimensi . CST tahun 2013 mempekerjakan 240 orang di 14 negara . Produk utama dari CST adalah CST STUDIO SUITE, yang terdiri dari berbagai modul yang didedikasikan untuk area aplikasi spesifik (Thomas, 2012:2).

Pada tahun 1999 perusahaan afiliasi CST of America , Inc didirikan di Boston CST dari Korea , Inc diikuti 2001 di Seoul 2003 melihat angsuran pertama dari " *CST Universitas Publication Award*" , yang menarik kontribusi dari lembaga universitas di seluruh dunia , dan menggarisbawahi semakin pentingnya simulasi dalam penelitian .

Sejak tahun 2005 CST mempromosikan "Complete Technology". Tujuannya adalah untuk memungkinkan pengguna untuk memilih dari negara yang berbeda dari metode simulasi seni yang paling tepat sementara tinggal dalam satu *user interface*.

CST *Microwave Studio* adalah perangkat alat spesialis untuk 3D EM simulasi komponen frekuensi tinggi. Perangkat lunak simulasi elektromagnetik CST STUDIO SUITE adalah puncak dari bertahun-tahun penelitian dan pengembangan menjadi solusi komputasi yang paling akurat dan efisien untuk desain elektromagnetik. Terdiri dari alat CST untuk desain dan optimasi perangkat yang beroperasi di berbagai frekuensi - statis untuk optik. Analisis dapat mencakup efek termal dan mekanik, serta simulasi sirkuit menurut Dr. Jerry Aguirre, Kyocera America, Inc. Dalam perangkat lunak CST Microwave Studio 2014, tools yang sering digunakan:

- A. *Solve* berfungsi untuk menentukan jenis bahan yang digunakan.
- B. *Primitives* berfungsi untuk menentukan jenis antena.
- C. *WCS* berfungsi untuk menentukan sumbu koordinat
- D. *Calculate* berfungsi untuk menghitung *feeding* atau teknik pencatuan
- E. *Time Domain Solver* untuk mensimulasikan.

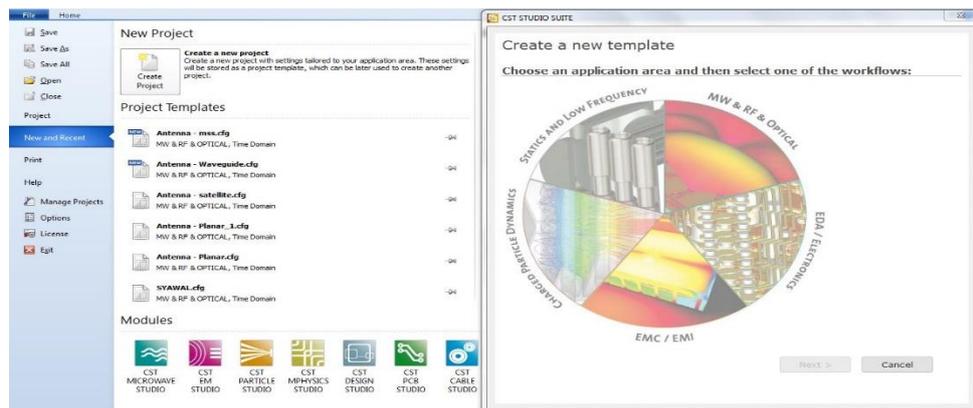
Dalam penelitian desain antena mikrostrip segiempat *array* 4 elemen dibutuhkan perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain dan mensimulasikan. Perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain antena mikrostrip adalah perangkat lunak CST *Microwave Studio*.

#### **2.1.3.1. Mendesain Antena Mikrostrip**

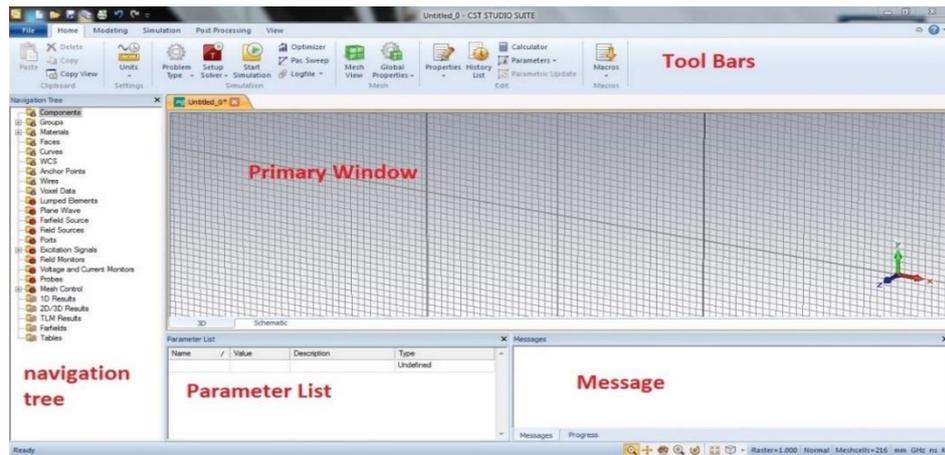
Dalam melakukan penelitian ini, peneliti menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite 2014 untuk mendesain antena mikrostrip.

Perangkat lunak CST Microwave Studio adalah salah satu perangkat lunak dari CST Studio Suite™ yang digunakan untuk mendesain berbagai macam antenna dan dapat digunakan untuk melihat parameter-parameter yang terdapat pada sebuah antenna.

*Microwave Studio 2014* memiliki tiga pilar utama yaitu akurat, cepat, dan mudah digunakan. *CST Microwave Studio 2014* dikatakan akurat karena hasil simulasi yang diberikan berdasarkan analisis secara integral, elektrodinamika, asimptotik, dan lainlain sesuai dengan teknik yang diperlukan oleh rancangan. Hasil rancangan juga dapat dilihat secara 2 dimensi maupun 3 dimensi. Perubahan yang didapat pada setiap desain dan hasil simulasi rancangan dapat dilihat, sehingga pengguna dapat memilih ukuran yang tepat untuk digunakan. Tampilan layar yang pertama kali muncul ketika membuka Perangkat Lunak *CST Microwave Studio 2014* ditunjukkan pada Gambar 2.21



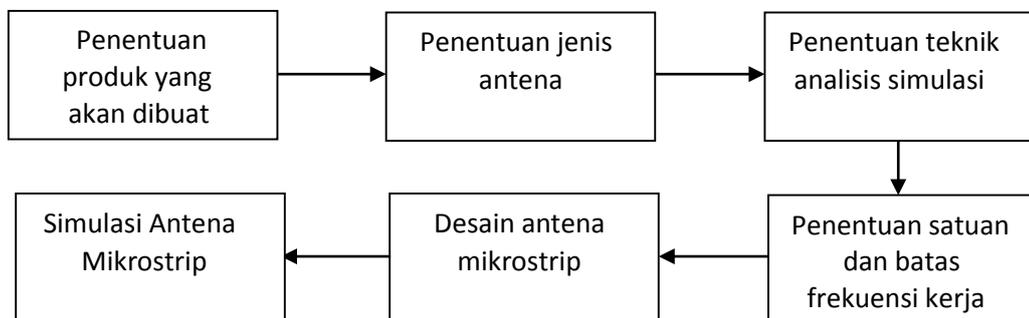
**Gambar 2. 23 Tampilan Muka**



**Gambar 2. 24 Tampilan Lembar Kerja CST**

### *Microwave Studio 2014*

Adapun langkah-langkah untuk mendesain sebuah antenna dengan perangkat lunak CST Microwave Studio adalah :



**Gambar 2. 25 Diagram Blok Desain Antena Menggunakan CST  
*Microwave Studio 2014.***

Keterangan :

1. Penentuan produk yang akan dibuat adalah proses untuk menentukan desain apa yang akan dibuat oleh pengguna CST *Microwave Studio 2014.* Untuk pembuatan antenna, dapat memilih “MW & RF & Optical > antennas.”

2. Penentuan jenis antena adalah proses untuk menentukan jenis antena yang akan dibuat. Antena memiliki berbagai macam jenis, sebagai contoh antena dipol, antena *aperture*, dan antena mikrostrip. Untuk pembuatan antena mikrostrip, dapat memilih “planar, patch, slot, etc.”
3. Penentuan teknik analisis adalah proses menentukan analisis yang akan digunakan untuk mensimulasi. Terdapat 3 macam analisis, yaitu analisis berdasarkan periode, frekuensi, dan *multilayer*. Analisis berdasarkan periode untuk antena yang memiliki *bandwidth* yang lebar atau bekerja pada beberapa frekuensi. Analisis berdasarkan frekuensi bekerja berdasarkan frekuensi resonansi antena. Analisis *multilayer* berdasarkan nilai dielektrik dan bidang pertanahan yang digunakan.
4. Penentuan satuan dan frekuensi kerja adalah proses penentuan satuan dari setiap parameter antena yang akan dibuat, dan penentuan batas frekuensi kerja yang akan digunakan untuk tampilan hasil simulasi antena.
5. Desain antena mikrostrip memiliki beberapa tahapan, yaitu : membuat substrat, elemen peradiasi, saluran transmisi, bidang pertanahan, dan SMA konektor. Penentuan jenis bahan dan dimensi dari setiap tahapan yang akan mempengaruhi hasil simulasi antena.
6. Simulasi antena mikrostrip merupakan langkah untuk menganalisis desain yang telah dibuat. Apabila hasil yang didapat tidak sesuai dengan nilai yang diharapkan, pengguna dapat melakukan “iterasi” dengan mengubah ukuran dimensi antena.

### 2.1.3.2. Menguji Antena Mikrostrip

Pengujian antena mikrostrip dengan menggunakan perangkat lunak

CST Studio Suite 2014 yaitu dengan 2 jenis metode :

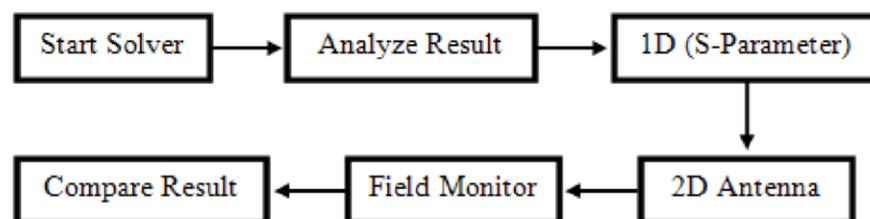
#### 1. Integral Equation Method

Integral Equation Method yakni metode dari persamaan integral untuk menghitung kerapatan arus, yang mana kerapatan arus terjadi pada permukaan (surface wave). Kemudian metode persamaan integral dapat digunakan untuk menghitung kerapatan arus induksi yang tak terdefinisi dengan menggunakan teknik kuantitatif. Untuk mengetahui teknik tersebut, maka dimulai dengan suatu masalah elektrostatika (Balanis, 2005:434).

#### 2. Method of Moments

Method of Moments adalah metode untuk mendapatkan solusi dari persamaan fungsi turunan, integral dan lain-lain dengan menggunakan bentuk matrik.

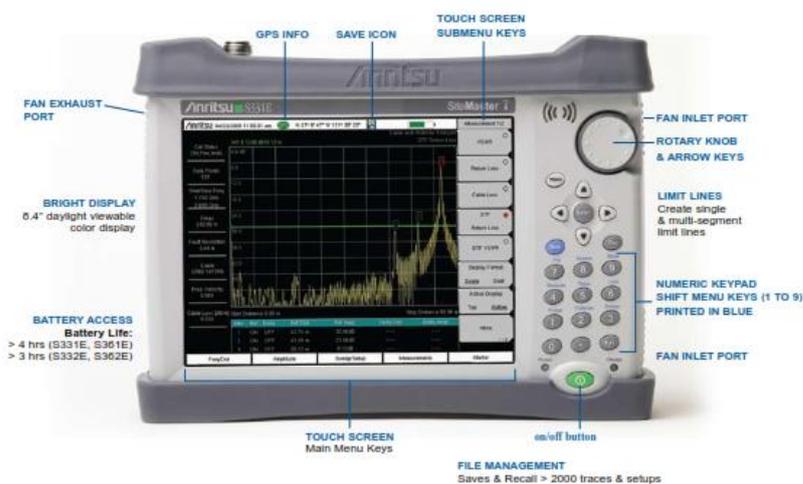
Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan pengujian antena dengan perangkat lunak CST Microwave Studio :



**Gambar 2. 26 Diagram Blok dengan Perangkat Lunak CST Microwave Studio**

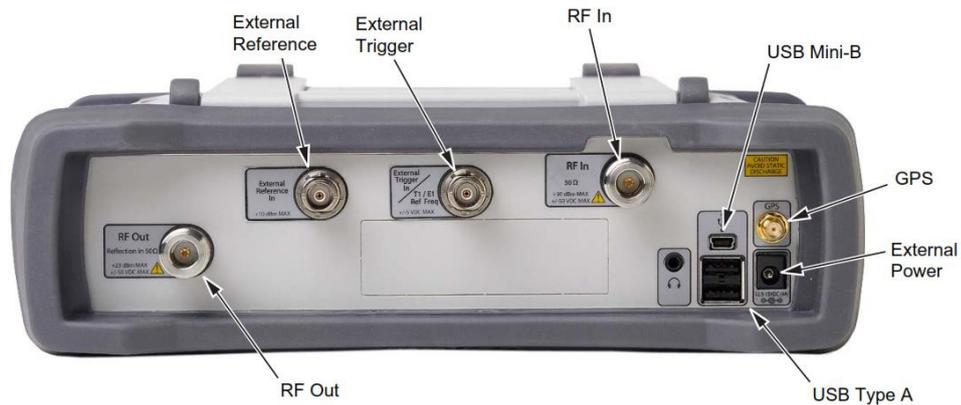
### 2.1.4. *Spectrum Analyzer*

*Spectrum analyzer* adalah alat ukur yang digunakan untuk menampilkan sinyal listrik sesuai dengan frekuensi yang ditentukan. Masing-masing komponen frekuensi yang terdapat dalam sinyal masukan ditampilkan sebagai tingkat sinyal yang sesuai dengan frekuensi yang ditentukan (Anritsu). *Spectrum analyzer* digunakan untuk mengukur port tunggal yaitu mengukur VSWR, frekuensi kerja, *return loss*, dan *bandwidth*. *Spectrum analyzer* digunakan untuk mengukur kanal-kanal frekuensi, *field strength* (kuat medan) dan daya pancar yang ditampilkan melalui gambar spectrum frekuensi (Anritsu). Beberapa merek *spectrum analyzer* yang terkenal diantaranya *Advantest*, *Anritsu*, dan *Agilent* yang masing-masing mempunyai keunggulan dan kelemahan. *Spectrum analyzer* tidak dapat digunakan untuk mengukur port ganda meliputi *gain* dan pola radiasi. Pada penelitian ini digunakan *spectrum analyzer* dengan merek Anritsu tipe S332E seperti ditunjukkan pada Gambar 2.25.



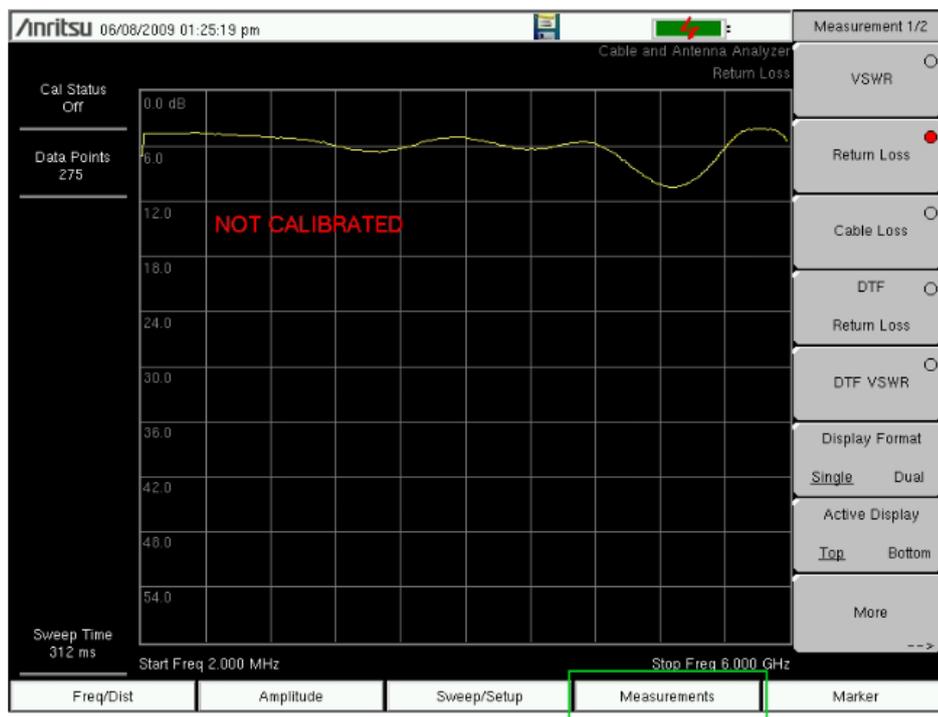
**Gambar 2. 27 Anritsu Tipe S332E**

Tampak atas *spectrum analyzer* ditunjukkan pada Gambar 2.26. Antena yang akan diukur disambungkan ke RF Out.



**Gambar 2. 28 Tampak Atas Anritsu Tipe S332E**

Sebelum melakukan pengukuran antenna, *spectrum analyzer* harus dikalibrasi terlebih dahulu. Jika belum dikalibrasi, maka pada layar akan muncul tampilan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.27.



**Gambar 2. 29 Tampilan Pada Layar Jika Belum Dikalibrasi**

Alat yang dibutuhkan untuk mengkalibrasi *spectrum analyzer* ditunjukkan pada Gambar 2.28 yang terdiri dari tiga bagian, yaitu *Open*, *Short*, dan *Load*.



**Gambar 2. 30 Komponen Kalibrasi**

Sedangkan kabel yang digunakan untuk menghubungkan antena yang akan diukur dengan RF Out pada *spectrum analyzer* ditunjukkan pada Gambar 2.29 dengan spesifikasi panjang kabel 1,5 m, dan memiliki impedansi 50  $\Omega$ .



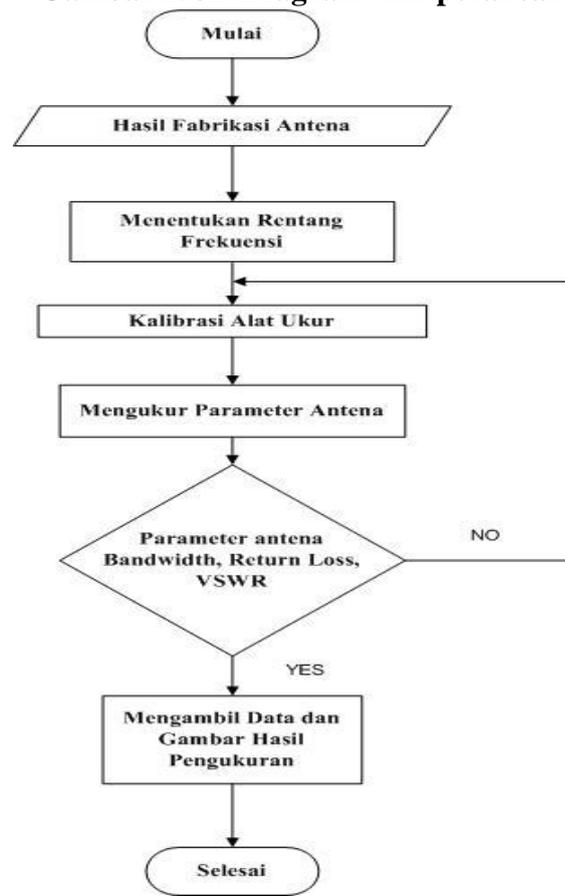
**Gambar 2. 31. Kabel Konektor 50  $\Omega$**

## 2.2 Kerangka Berpikir

Dengan adanya teori yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka teori tersebut menjadi dasar penelitian dan pengembangan untuk mendesain antena mikrostrip segiempat *array* 4 elemen *proximity coupling* pada frekuensi 1,5-1,6GHz untuk aplikasi *Mobile Satellite System*. Untuk mengetahui lebih lanjut maka diperlukan studi literatur yang komperhensif, melakukan simulasi antena dengan menggunakan perangkat lunak yang ideal, dan menguji antena menggunakan alat ukur *Spectrum Analyzer* sehingga *flowchart* penelitian tersebut jelas kemana arah penelitian yang akan dilakukan. *Flowchart* perancangan antena:



**Gambar 2. 32 Diagram Alir perancangan**



**Gambar 2. 33 Diagram Alir pengukuran Antena**

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Tujuan Operasional Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah antena mikrostrip dapat digunakan untuk aplikasi sebagai alat telekomunikasi *mobile satellite system*. Berdasarkan penelitian sebelumnya, antena mikrostrip dapat digunakan sebagai antena multi-frekuensi satellite. Oleh sebab itu, peneliti berharap metode tersebut dapat digunakan pada aplikasi mobile satellite untuk jaringan seluler. Jaringan seluler yang akan digunakan bekerja pada frekuensi 1,5-1,6 GHz. Dengan menggunakan bahan substrat FR4 dengan memiliki ketebalan substrat 1.6mm, konstanta dielektrik 4.3, dan dielektrik loss tangent 0.02 dan Cooper (*Annealed*) sebagai Patch yang mempunyai ketebalan 0,035mm.

#### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta pada bulan September 2015 – Desember 2015. Proses penelitian berupa uji coba perancangan dengan metode yang ada agar mendapatkan hasil parameter yang diinginkan.

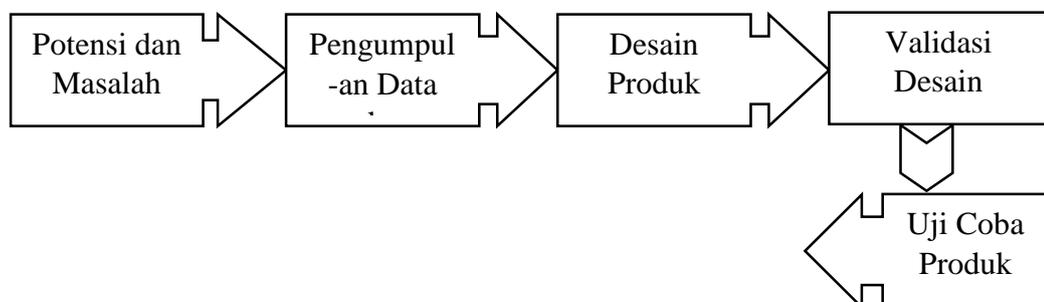
### 3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa inggrisnya *Research And Development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk (Sugiyono, 2015:407).

Untuk dapat menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan dan untuk menguji keefektifan prodduk tersebut supaya dapat berfungsi di masyarakat luas, makadiperlukan penelitian untuk menguji keefektifan produk tersebut. Jadi penelitian dan pengembangan bersifat longitudinal bertahap bisa *multy years* (Sugiyono, 2015:407).

Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan atau biasa disebut *research and development (R&D)*, dimana menghasilkan produk dan menguji produk.

Dalam metode R&D terdapat 10 langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian. Tetapi, pada skripsi ini, hanya digunakan 5 dari 10 langkah yang disediakan. Langkah-langkah yang akan diambil pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.1. yaitu :



**Gambar 3. 1 Metode *Research And Development (R&D)***

### 3.3.1. Potensi dan Masalah

Sesuai dengan perumusan masalah pada bab sebelumnya, masalah dalam penelitian ini adalah Bagaimana mendesain, membuat, dan mengukur parameter antenna mikrostrip segiempat *linier array* dengan teknik pencatuan *proximity coupling* frekuensi 1,5-1,6GHz pada aplikasi *Mobile Satellite*, dengan kriteria hasil uji parameter secara simulasi dan pengukuran diantaranya yaitu, *bandwidth* minimal 100 Mhz, *return loss* minimal 10 dB, VSWR maksimal sama dengan 2, , dan Polarisasi melingkar dengan menggunakan perangkat lunak *CST Microwave Studio 2014* dan alat ukur *Spectrum Analyzer*. Potensi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan metode *linier array* dan teknik pencatuan *proximity coupling* untuk menghasilkan *bandwidth* yang sesuai, dan memberi pemotongan *patch* agar mendapatkan polarisasi melingkar.

### 3.3.2. Pengumpulan Data

#### 3.3.2.1. Menentukan Karakteristik Antena

Antena mikrostrip yang dirancang, diharapkan mampu bekerja pada frekuensi 1,5-1,6GHz. Agar antena yang didesain mampu bekerja pada frekuensi tersebut, maka dibutuhkan karakteristik antena mikrostrip seperti bentuk dan dimensi *patch*, *transmisi line*, dan saluran pencatuan. Pada frekuensi 1,5-1,6GHz diharapkan antena mampu menghasilkan spesifikasi yaitu *bandwidth* 100MHz, VSWR maksimal 2, dan *return loss* 10 dB pada impedansi 50  $\Omega$ .

### 3.3.2.2. Menentukan Jenis Substrat

Dalam menentukan jenis substrat sangat dibutuhkan pengetahuan tentang spesifikasi umum dari substrat tersebut, kualitasnya, ketersediannya dan yang tidak kalah penting adalah harga atau biaya yang harus dikeluarkan untuk mendapatkannya. Pada penelitian ini jenis substrat yang digunakan adalah *epoxy* (FR-4) dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1 Spesifikasi Substrat Epoxy (FR-4)**

Jenis Substrat	Epoxy (FR-4)
Konstanta Dielektrik Relatif ( $\epsilon_r$ )	4.3
Dielektrik Loss Tangent ( $\tan\delta$ )	0.0265
Ketebalan Substrat (h)	1.6 mm

### 3.3.2.3. Menentukan jenis elemen peradiasi

Jenis material berbahan *copper (annealed)* diharapkan mampu menghasilkan *bandwidth* 100 MHz, VSWR maksimal 2, dan *return loss* minimal 10 dB. Tabel 3.2 menunjukkan karakteristik elemen peradiasi *copper (annealed)*.

**Tabel 3. 2 Karakteristik Elemen Peradiasi Copper (annealed)**

Material Set	Default
Type	Lossy metal
Mue	1
El.Cond	5.8e+007 [S/m]
Rho	8930 [kg/m <sup>3</sup> ]
Therm.con	401 [W/K/m]

Young's Mod	120 [kN/mm <sup>2</sup> ]
Poiss.Ratio	0.33
Thermal Exp	17 [1e-6/K]
Chemical symbol : Cu  Referred to as 100% IACS (International Annealed  Copper Standard)	

### 3.3.3. Desain Antena Mikrostrip

#### 3.3.3.1. Menentukan Dimensi Elemen Peradiasi Segiempat

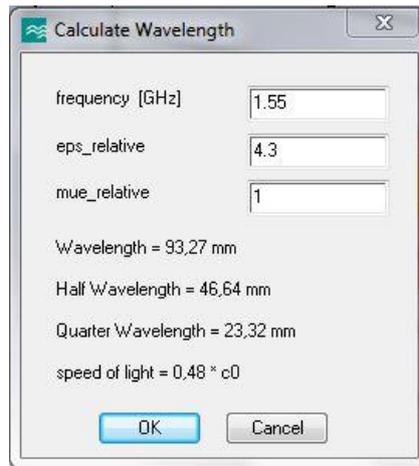
Setelah didapatkan spesifikasi substrat dan spesifikasi elemen peradiasi yang digunakan, dilakukan perancangan elemen peradiasi (*patch*) antena mikrostrip. Dalam menentukan dimensi *patch*, yang perlu diperhatikan ialah lebar *patch* (W), panjang *patch* (L), tinggi *patch* (h), dan jenis materialnya. Langkah pertama dalam menentukan elemen peradiasi, haruslah menentukan frekuensi kerja ( $f_0$ ) kemudian tentukan terlebih dahulu nilai panjang gelombang diruang bebas dengan acuan dari kecepatan cahaya (c) dengan frekuensi kerja tersebut maka dapat ditentukan menggunakan persamaan 3.1:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} \dots\dots\dots (3.1)$$

Setelah nilai  $\lambda_0$  diperoleh, maka dapat ditentukan nilai dari panjang gelombang pada saluran transmisi ( $\lambda_g$ ) dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Selain melalui hitungan, nilai panjang gelombang juga bisa dicari menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio 2014.



**Gambar 3. 2 Jarak Panjang Gelombang pada Perhitungan CST Microwave Studio 2014**

Untuk memperoleh lebar elemen peradiasi ( $W_p$ ) antenna mikrostrip dapat menggunakan persamaan 2.1:

$$W_p = \frac{c}{2f_c \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}}$$

$$W_p = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1,55 \sqrt{\frac{(4,3 + 1)}{2}}} = \frac{3}{50,464} = 0,059 \text{ m} = 59 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan ukuran lebar *patch* sebesar 59 mm. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai panjang *patch* menggunakan (pers 2.2) sampai (pers 2.5).

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{wp}}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{4,3+1}{2} + \frac{4,3-1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1+12 \frac{1,6}{59}}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{5,3}{2} + \frac{3,3}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1,325}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = 2,65 + 1,65 \left[ \frac{1}{1,151} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = 4,083$$

Setelah mendapatkan nilai  $\epsilon_{eff}$ , maka selanjutnya adalah mencari nilai  $\Delta L$  (pers 2.3)

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{eff}+3) \left(\frac{W_p}{h}+0,264\right)}{(\epsilon_{eff}-0,258) \left(\frac{W_p}{h}+0,8\right)}$$

$$\Delta L = 0,412 (1,6) \frac{(4,083+3) \left(\frac{59}{1,6}+0,264\right)}{(4,083-0,258) \left(\frac{59}{1,6}+0,8\right)}$$

$$\Delta L = 0,6592 \frac{(7,083)(36,87+0,264)}{(3,798)(36,87+0,8)}$$

$$\Delta L = 0,6592 \frac{(7,083)(37,134)}{(3,798)(37,67)}$$

$$\Delta L = 1,211$$

Setelah mendapatkan nilai  $\Delta L$ , maka selanjutnya adalah mencari nilai  $L_{eff}$ . (pers 2.4)

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_c \sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

$$L_{eff} = \frac{3}{2 \times 1,55 \cdot 10^8 \sqrt{4,083}} = 47 \text{ mm}$$

Maka dimensi panjang elemen *patch* dapat dicari melalui persamaan (2.5).

$$L = L_{eff} - 2 \Delta L$$

$$L = 47 - 2(1,211) = 44,58\text{mm}$$

Dari hasil perhitungan dimensi elemen *patch* antenna, dimensi substrat dapat ditentukan. Dalam menentukan dimensi dari substratnya dapat langsung menambahkan 20mm atau dikalikan 2 dari ukuran patchnya. Namun, dalam melakukan desain, ukuran dari perhitungan tidak selalu memberikan hasil sesuai yang diinginkan. Maka perlu adanya iterasi dimensi dari antenna. Iterasi ini dilakukan saat proses desain dilakukan. Sehingga perbandingan ukuran dimensi antenna mikrostrip segiempat hasil perhitungan dan iterasi simulasi ditunjukkan pada tabel 3.4.

**Tabel 3. 3 Dimensi *Patch* dan *Substrate* Perhitungan**

Hasil	Dimensi Elemen			
	Patch		Substrat	
	Wp (mm)	Lp (mm)	Ws (mm)	Ls (mm)
Perhitungan				

Dari hasil perhitungan dimensi antenna dapat diketahui, sehingga dapat langsung melakukan desain. Namun, hasil ini perlu adanya iterasi atau perubahan dimensi sehingga didapatkan ukuran yang benar-benar sesuai dengan kebutuhan hasil parameteranya.

**Tabel 3. 4 Iterasi Dimensi *Patch* Dan *Substrate***

Hasil	Dimensi Elemen	
	Patch	Substrat

	Wp (mm)	Lp (mm)	Ws (mm)	Ls (mm)
Iterasi Simulasi				

### 3.3.3.2. Menentukan Lebar Saluran Pencatu

Pencatuan yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis pencatuan langsung dimana substrat terdiri dari patch dan bagian bawah terdiri dari *ground*. Dalam perancangan antenna mikrostrip *array* menggunakan T-Junction yang terdiri dari tiga buah impedansi saluran pencatuan diantaranya 50 Ω , 70,7 Ω, 100 Ω. Untuk mendapatkan lebar saluran pencatuan dapat menggunakan persamaan 3.8:

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} [\ln(B - 1)] + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \dots\dots (3.3)$$

Dimana :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan menggunakan CST Studio Suite dapat secara langsung dihitung lebar saluran pencatu untuk mendapatkan impedansi 50 Ω, 70,7 Ω, dan 100 Ω dengan memasukkan karakteristik material bahan *Epoxy* (FR-4) dan frekuensi kerja.

#### 2.a. Perancangan Saluran Pencatu 50 Ω

Pada saat pengukuran antenna mikrostrip, pencatu antenna mikrostrip akan dihubungkan dengan konektor SMA 50 Ω. Dengan demikian dalam perancangan

pencatu antenna mikrostrip perlu impedansi masukan ( $Z_{in}$ ) 50  $\Omega$ . Nilai tersebut dapat diperoleh dengan mengatur lebar dari saluran pencatu. Untuk mendapatkan lebar dari saluran pencatu yang menghasilkan nilai impedansi 50  $\Omega$  dapat dicari menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite pada bagian *Impedance Calculation*. Tampilan dari CST Studio Suite ditunjukkan pada Gambar 3.2. Diperoleh lebar saluran pencatu 50  $\Omega$  yaitu 3,137 mm.

Untuk mendapatkan nilai impedansi saluran pencatu 50  $\Omega$ , dapat dilakukan dengan mencari lebar saluran pencatu. Untuk mendapatkan dimensi lebar pencatu 50  $\Omega$  dapat menggunakan persamaan (3.3) dan (3.4).

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

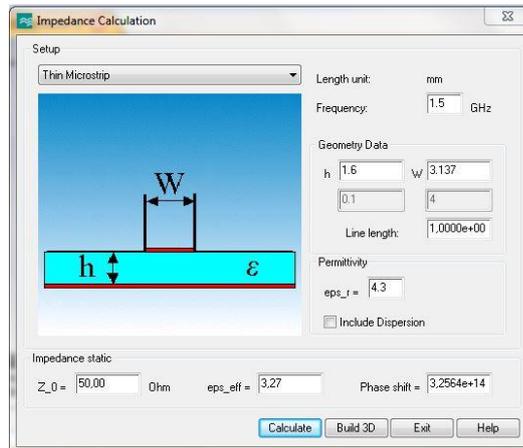
$$B = \frac{60(3.14)^2}{50\sqrt{4.3}} = \frac{591,576}{103,68} = 5,7$$

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

$$W = \frac{2.1,6}{3,14} \left\{ 5,7 - 1 - \ln(2(5,7) - 1) + \frac{4,3-1}{2(4,3)} \left[ \ln(5,7 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4,3} \right] \right\}$$

$$= 1,909 \{4,7 - 2,341 + 0,383 [1,796]\} = 3,131 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan lebar dari saluran 50  $\Omega$  adalah 3,131 mm. Selain melalui perhitungan mencari lebar saluran pencatu dapat langsung menggunakan perangkat lunak CST *Studio Suite*.



**Gambar 3. 3 Saluran Pencatuan 50  $\Omega$**

**Tabel 3. 5 Lebar Pencatu 50 $\Omega$  Perhitungan dan Simulasi**

Dimensi	Dimensi lebar pencatu	
	50ohm	
Dimensi Perhitungan		
Dimensi Simulasi		

### 2.b. Perancangan Saluran Pencatu 100 $\Omega$

Saluran pencatu 100  $\Omega$  dibutuhkan saat merancang antenna array 4 elemen. Lebar saluran pencatu mikrostrip 100  $\Omega$  dapat dicari dengan menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite.

Dalam menggunakan T-junction, selain menggunakan impedansi saluran 50  $\Omega$  diperlukan juga saluran 100  $\Omega$ . Untuk mendapatkan dimensi lebar pencatu 100  $\Omega$  dapat menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11).

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{60(3.14)^2}{100\sqrt{4.3}} = \frac{591,576}{207,364} = 2,8528$$

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

$$W = \frac{2,1,6}{3,14} \left\{ 2,8528 - 1 - \ln(2(2,8528) - 1) + \frac{4,3-1}{2(4,3)} \left[ \ln(2,8528 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4,3} \right] \right\}$$

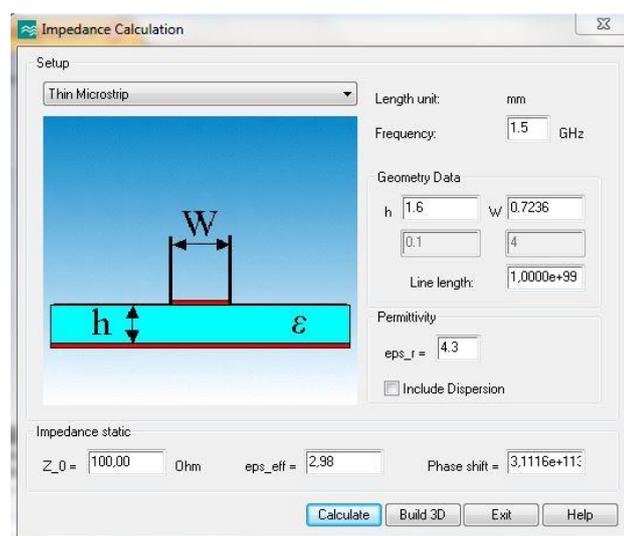
$$= 1,909 \{0,3041 + 0,3837[0,8648]\}$$

$$= 0,648 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan lebar dari saluran 100  $\Omega$  adalah 0,648 mm. Selain melalui perhitungan mencari lebar saluran pencatu dapat langsung menggunakan perangkat lunak *CST Studio Suite*.

Tampilan dari CST Studio Suite ditunjukkan pada Gambar 3.4.

Diperoleh lebar saluran pencatu 100  $\Omega$  yaitu 0,7237 mm.



**Gambar 3. 4 Saluran Pencatuan 100  $\Omega$**

**Tabel 3. 6 Lebar Pencatu 100Ω Perhitungan dan Simulasi**

Hasil	Dimensi lebar pencatu	
	100ohm	
Hasil Perhitungan		
Hasil Simulasi		

### 2.c Perancangan Saluran Pencatu 70,7 Ω

Untuk merancang antenna 4 elemen, dibutuhkan *T-Junction* 50 Ω yang berfungsi sebagai *power divider*. Pada penelitian ini *T-Junction* yang digunakan adalah yang memiliki impedansi 70,7 Ω. Impedansi 70,7 Ω berfungsi sebagai transformator  $\lambda/4$ . Transformator  $\lambda/4$  adalah suatu teknik impedance matching dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi  $Z_T$  di antara dua saluran transmisi yang tidak match. Saluran pencatu mikrostrip 70,7 merupakan transformator  $\lambda/4$  antara saluran pencatu 100 Ω dan 50 Ω. Nilai impedansi transformator  $\lambda/4$  ini diperoleh dari persamaan 3.10

$$Z_T = \sqrt{Z_1 \times Z_3} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan  $Z_1 = 50 \Omega$  dan  $Z_3 = 100 \Omega$  maka diperoleh

$$Z_T = \sqrt{50 \times 100} = 70,7 \Omega$$

Lebar saluran pencatu mikrostrip 70,7  $\Omega$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20).

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

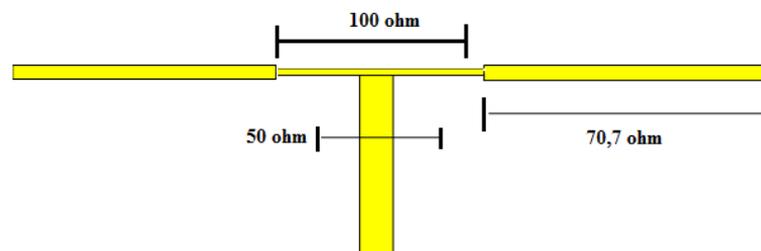
$$B = \frac{60(3.14)^2}{70,7\sqrt{4,3}} = \frac{591,576}{146,6} = 4,0351$$

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

$$W = \frac{2,1,6}{3,14} \left\{ 4,0351 - 1 - \ln(2(4,0351) - 1) + \frac{4,3-1}{2(4,3)} \left[ \ln(4,0351 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4,3} \right] \right\}$$

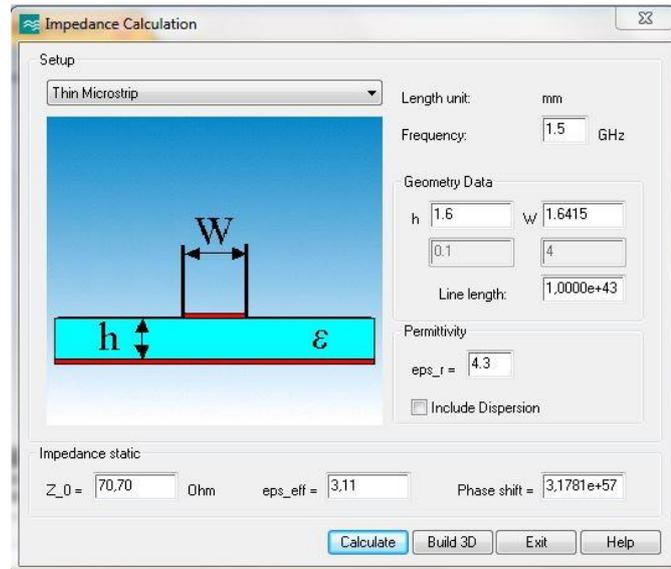
$$= 1,909 \{1,0793 + 0,5212\} = 1,631 \text{ m}$$

Bentuk dari pencatuan yang digunakan dimana 50  $\Omega$ , 70,7  $\Omega$  dan 100  $\Omega$  merupakan pencatuan T-Junction ditunjukkan pada Gambar 3.5.



**Gambar 3. 5 Saluran Pencatu T-Junction 50  $\Omega$ , 70,7  $\Omega$ , dan 100  $\Omega$**

Lebar saluran pencatu mikrostrip 70,7  $\Omega$  dapat dicari dengan menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite. Tampilan dari CST Studio Suite ditunjukkan pada Gambar 3.6. Diperoleh lebar saluran pencatu 70,7  $\Omega$  yaitu 1,6415 mm.



**Gambar 3. 6 Saluran Pencatuan 70,7  $\Omega$**

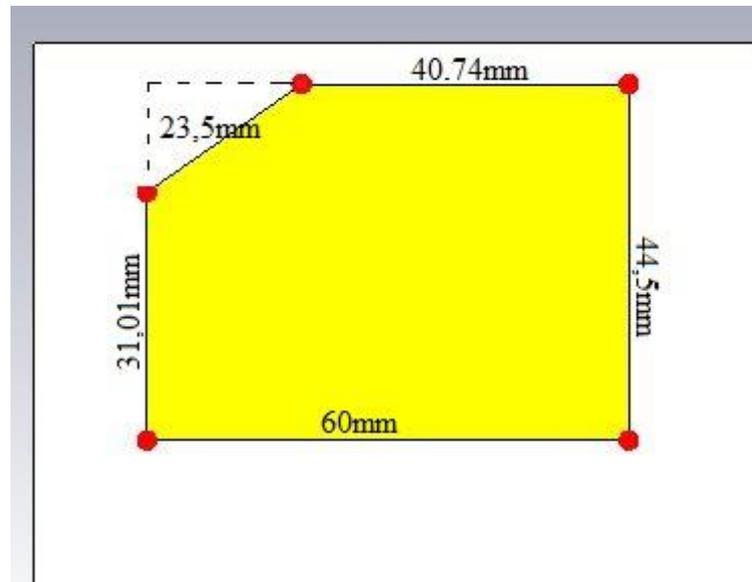
**Tabel 3. 7 Lebar pencatu 70,7 $\Omega$  perhitungan dan simulasi**

Hasil	Dimensi lebar pencatu	
		70,7ohm
Perhitungan		
Simulasi		

### 3.3.3.3. Penentuan Pemotongan Patch

Parameter antenna yang digunakan pada skripsi ini salah satunya adalah polarisasi melingkar. Untuk menghasilkan polarisasi melingkar pada antenna dapat diberikan sedikit gangguan antara lain pemberian *slot*, *stub*, atau pemotongan sedikit dari bahan peradiasinya. Hal ini dimaksudkan untuk membangkitkan arus yang berbeda fasa sebesar  $90^0$ . Pada skripsi ini, teknik yang digunakan adalah

pemotongan pada bahan peradiasi antenna (*patch*). Dimensi dari pemotongan dapat disesuaikan dengan dimensi *patch* dan didapat dari hasil coba coba terlihat seperti gambar.

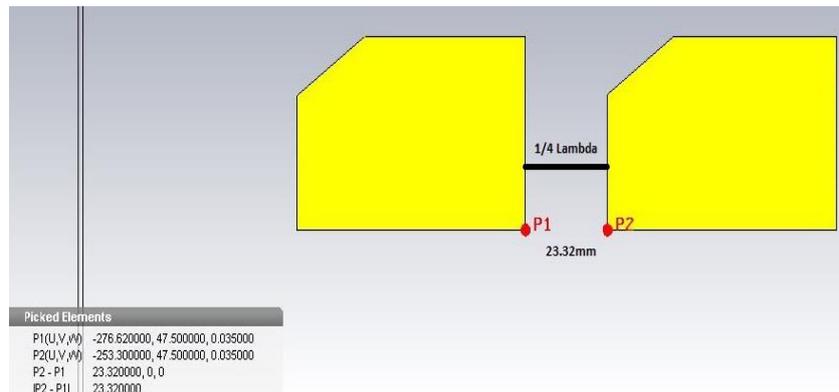


**Gambar 3. 7 Perancangan Dimensi Setelah Dipotong Bagian Patch**

### 3.3.3.4. Mendesain Antena Mikrostrip Linier Array 4 Elemen

#### 5.a. Menentukan Jarak Antar Elemen

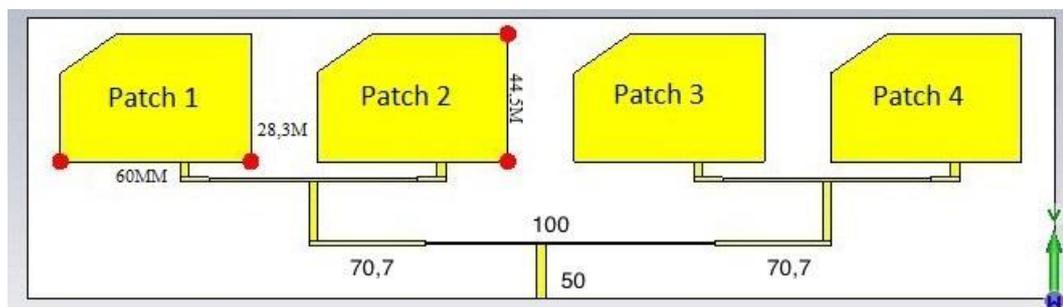
Pengaturan jarak antar elemen dilakukan dengan menggeser elemen-elemen pada antenna array dengan jarak pisah tertentu. Pada perancangan antenna mikrostrip *linier array* hal yang harus diperhatikan adalah jarak antar *patch* agar tidak saling tumpang tindih atau terlalu berdekatan Untuk itu jarak antar elemen diatur seoptimal mungkin untuk memungkinkan kinerja antenna semakin baik. Jarak antar elemen diukur dari titik sisi *patch* satu ke titik pusat *patch* lainnya. Pada penelitian ini jarak yang digunakan adalah seperempat panjang gelombang  $d = \lambda/4$ , yang diukur dari sisi *patch* satu dengan yang lainnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9.



**Gambar 3. 8 Jarak antar Elemen peradiasi**

### 5.b. Mendesain Antena *Linier Array* 4 Elemen dengan T-Junction

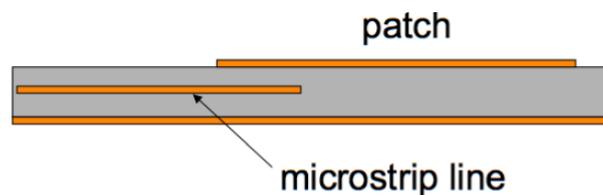
Selanjutnya, antena yang dirancang adalah antena mikrostrip *linier array* 2 elemen dengan menggunakan saluran pencatu T-*Junction*. Bentuk dari saluran pencatu yang sudah di buat dengan T-*Junction* adalah yang menggunakan saluran impedansi  $50 \Omega$ ,  $70,7 \Omega$ , dan  $100 \Omega$  yang telah ditunjukkan pada gambar 3.2. Sehingga jika didesain pada antena yang sudah digabungkan *patch* dengan saluran pencatunya dapat dilihat pada Gambar 3.6.



**Gambar 3. 9 Antena *Linier Array* 4 Elemen dengan T-*Junction***

### 3.3.3.5. Antena Linier Array 4 Elemen dengan *Proximity Coupling*

Teknik pencatuan yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik pencatuan tidak langsung biasa disebut *proximity coupling* dimana tidak ada kontak langsung antara *patch* dengan *feeding line*. Teknik pencatuan mempengaruhi nilai impedansi input dan karakteristik antena. Pada pendekatan ini digunakan dua buah *substrate*, dimana *patch* terdapat pada *substrate* bagian atas dengan bidang pertanahannya dihilangkan seluruhnya, sedangkan saluran mikrostrip terdapat di bagian atas *substrate* bawah dan *Ground* diletakkan di bagian bawah *substrate* kedua sehingga elemen pencatu dan *patch* akan terkopling secara elektromagnetik. Gambaran konfigurasi dari pencatuan dapat dilihat pada gambar 3.5.



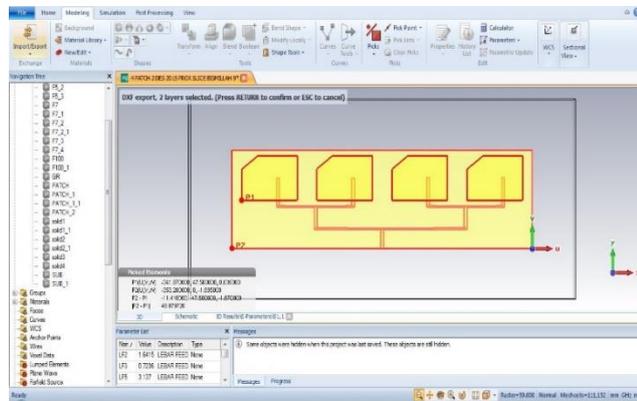
**Gambar 3. 10 Desain Pencatuan *Proximity Coupling* Tampak Samping**

### 3.3.4. Validasi Desain

#### 3.3.4.1. Fabrikasi Antena Mikrostrip

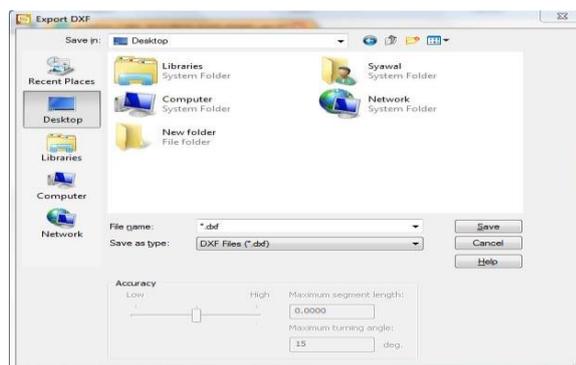
Dalam fabrikasi antena, file yang berada di aplikasi CST harus diubah menjadi file lain. Fabrikasi dilakukan menggunakan jasa pihak ketiga yaitu Spectra yang beralamatkan Jalan Jend. A. Yani No.34 di Bandung. Langkah pertama yang dilakukan untuk fabrikasi antena adalah mengubah *file* .cst menjadi .vsd. Tahap-tahap untuk merubah jenis *file* sebagai berikut.

- 1) Buka desain yang akan diubah menjadi .vsd pada CST Microwave Studio 2014. Lakukan perintah Import/Export > 2D Files > DXF.



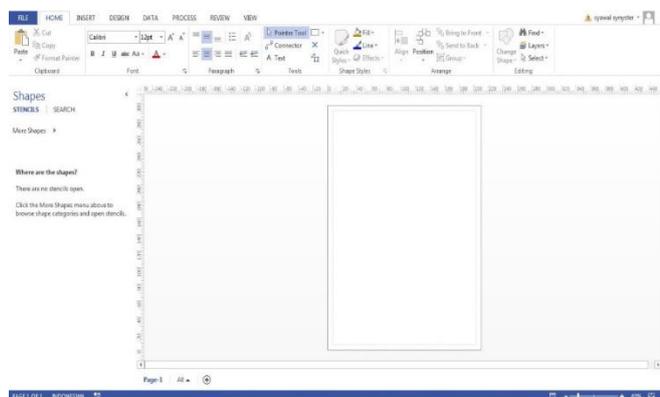
**Gambar 3. 11 Kotak Perintah Untuk Merubah Dalam Bentuk Visio**

- 2) Ketik nama *file* yang akan diubah, kemudian simpan.



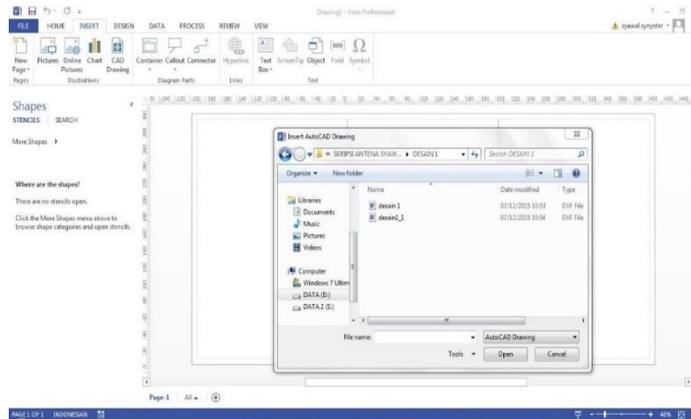
**Gambar 3. 12 Kotak penyimpanan file**

- 3) Buka Mirosoft Office Visio 2013, klik “New”.

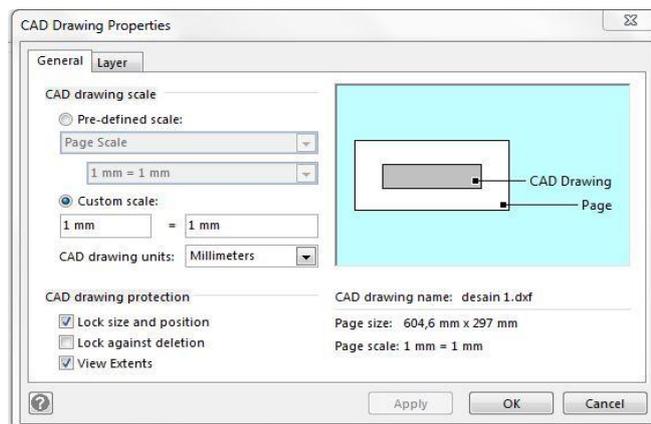


**Gambar 3. 13 Halaman awal Microsoft Office Visio 2013**

- 4) Klik Insert > CAD Drawing > “file yang tadi disimpan” > enter > Custom Scale. Beri tanda centang pada bagian “Lock Size and Position” dan “View Extent”

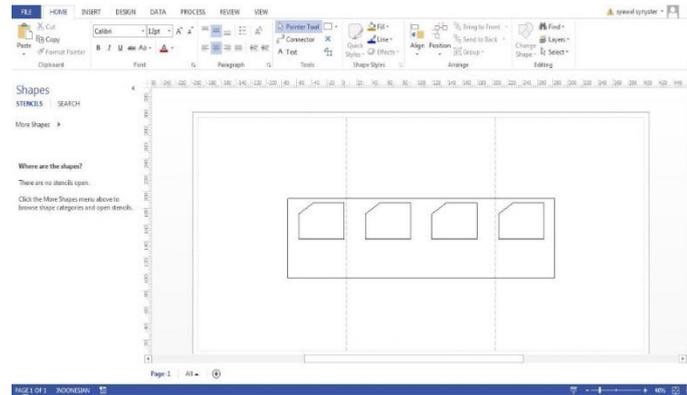


**Gambar 3. 14 Kotak insert file DXF**



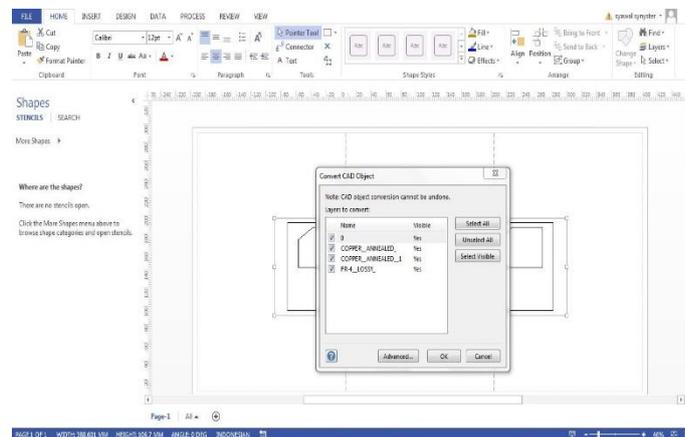
**Gambar 3. 15 Kotak Custom Scale**

- 5) Gambar akan muncul pada lembar kerja, setelah itu klik ctrl+a > ctrl+x > ctrl+v.



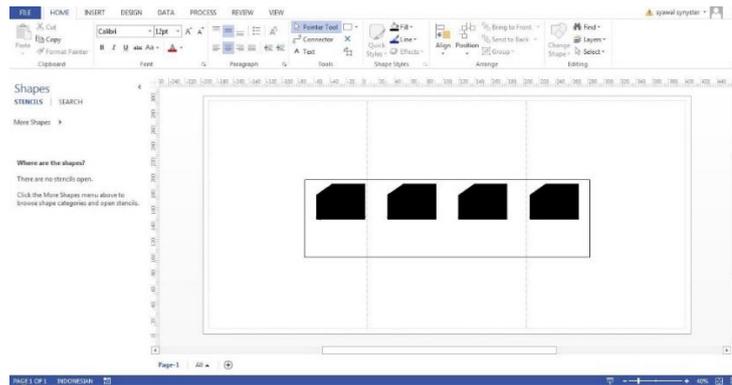
**Gambar 3. 16 Hasil import File.dxf di Visio 2014**

- 6) Klik kanan pada gambar CAD Drawing Object > Convert > Select All > enter.

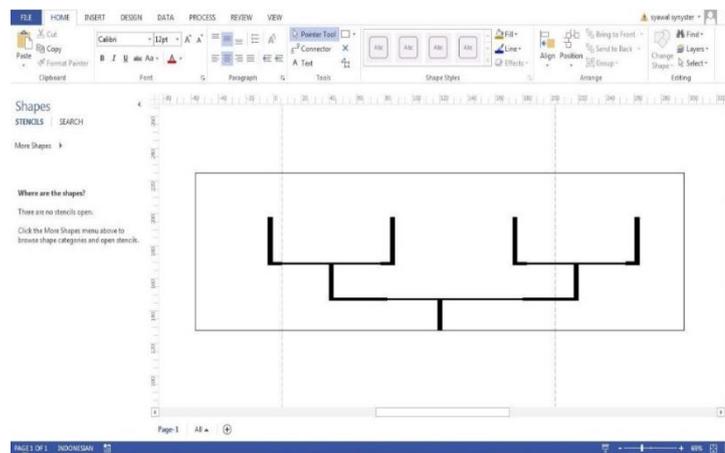


**Gambar 3. 17 Penentuan Bahan yang Diperlukan**

Dalam memberikan warna dapat dengan mengklik kanan pada bagian yang akan di-*etching* > format > Fill > pilih warna hitam > enter, kemudian klik kanan kembali bagian tersebut > format > layer > all > enter. Lakukan langkah tersebut ke seluruh bagian antena yang akan di-*etching*. Hasil yang telah diwarnai akan terlihat pada gambar 3.31 dan 3.32.



**Gambar 3. 18 Desain Patch Antena yang Telah Diberi Warna**



**Gambar 3. 19 Desain Pencatu Antena yang Telah Diberi Warna**

Setelah jadi dalam bentuk .vsd, desain antena kemudian diserahkan ke pihak spectra untuk segera dilakukan fabrikasi.

### **3.3.5. Uji coba produk**

#### **3.3.5.1. Metode Simulasi CST Microwave Studio**

Metode Simulasi CST Microwave Studio adalah metode yang menggunakan perangkat lunak dari CST Studio Suite™ yang digunakan untuk melakukan simulasi perancangan perangkat-perangkat telekomunikasi, seperti Antena, Kabel Koaksial, PCB, dan dapat digunakan untuk analisis dari spesifikasi perangkat-perangkat telekomunikasi. melakukan simulasi perancangan antena mikrostrip, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

##### **1. Set Units**

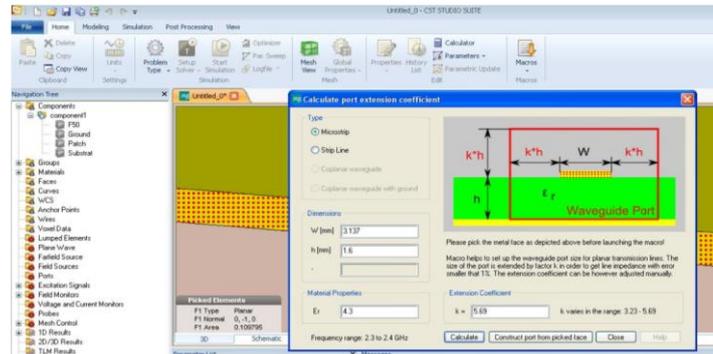
- Buka perangkat lunak CST Studio Suite 2014, lalu pilih CST Microwave Studio
- Lalu pilih “Create and use a new project template” pada kotak dialog, klik OK
- Klik “MW & RF & Optical” lalu pilih “Antennas”, klik Next
- Pilih “Planar (Patch, Slot, Etc)” lalu klik Next
- Pilih “Time Domain” lalu klik Next
- Lakukan pengaturan desain pada kolom “Please select the units” lalu klik Next
- Lakukan pengaturan frekuensi pada kolom “Please select the settings” lalu klik Next

- Masukkan nama template pada kolom “Template name” lalu klik Finish
- Untuk melakukan simulasi desain, maka dibutuhkan port untuk sumber pencatutan daya. Langkah pembuatannya yaitu pilih bagian bawah feeding line lalu tekan tombol “s”, double click pada bagian bawah tersebut.
- Kemudian pilih menu Home, pilih “Macros”, pilih “Solver”, lalu “Port” dan pilih “Calculate port extension coefficient”.



**Gambar 3. 20 Konektor SMA**

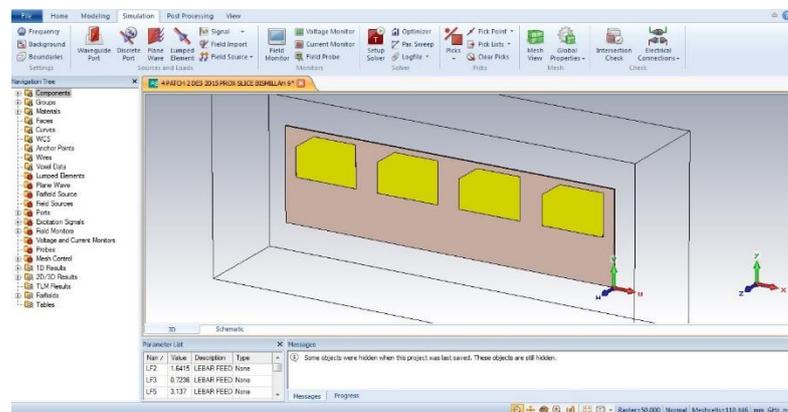
- Klik “Calculate” pada kolom tampilan yang muncul. Dan pilih “Construct port from picked face”, lalu pilih “Close” (Gambar 3.16)



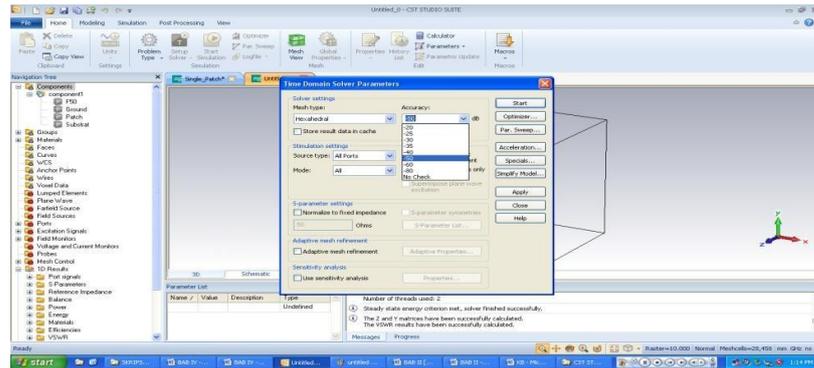
**Gambar 3.21 Calculate Port**

## 2. Start and analyze solver dan compare result

- Klik submenu “Setup Solver” lalu pilih “Time Domain Solver” dan akan muncul kotak dialog “Time Domain Solver Parameters”. Lakukan pengaturan seperti pada gambar berikut :



**Gambar 3.22 Start Running**



**Gambar 3. 23 Simulation Menu**

- Klik “Start”, lalu proses simulasi akan berjalan.

Setelah simulasi selesai berjalan, untuk melihat hasil simulasi yaitu dengan membuka folder “1D Results”. Lalu pilih folder “Parameters”

- Jika hasil “S-Parameters” belum sesuai dengan tujuan maka proses selanjutnya adalah dengan melakukan iterasi.

### 3.3.5.2. Metode Pengukuran Spectrum Analyzer

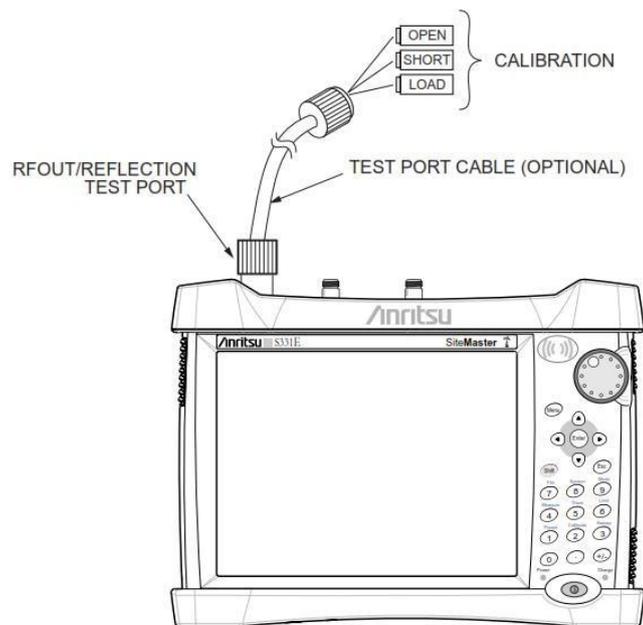
Metode Pengukuran Spectrum Analyzer adalah metode pengukuran dengan menggunakan seperangkat alat ukur antenna untuk melihat hasil dari S-Parameter. Pada penelitian ini, alat ukur yang digunakan adalah Anritsu Tipe S332E. Sebelum melakukan pengukuran, hal pertama yang harus dilakukan adalah melakukan kalibrasi.

Adapun tahapan kalibrasi, pengukuran dan penggunaan Spectrum Analyzer adalah sebagai

berikut:

1. Hidupkan Spectrum Analyzer dengan menekan tombol On/Off
2. Tekan Freq/ Dist pada tombol menu dan masukan range frekuensi antenna yang akan di ukur
3. Tekan Start Cal dan ikuti petunjuk yang muncul pada layar
4. Sambungkan 'Open' ke RF Out dan tekan tombol Enter
5. Sambungkan 'Short' ke RF Out dan tekan tombol Enter
6. Sambungkan 'Load' ke RF Out dan tekan tombol Enter
7. Setelah mengikuti semua petunjuk, maka akan muncul tampilan di layar yang menunjukkan Spectrum Analyzer telah di kalibrasi dan siap digunakan untuk mengukur antenna.
8. Setelah mendapatkan hasil parameter dari *bandwidth*, *return loss* dan VSWR, hasil pengukuran dapat disimpan yaitu dengan tekan "shift" kemudian "7" "save", pilih tempat untuk menyimpan data, beri nama data, lalu klik ok. Untuk menyimpan data bisa disimpan di memori di dalam spectrum analyzer maupun disimpan di dalam flashdisk masing masing.

9. Hasil pengukuran juga bisa dipanggil ulang untuk di analisa ulang dengan tekan “shift” lalu “7” klik “recall measurement” pilih letak hasil simpanan datanya, lalu klik “enter”.



**Gambar 3. 24 Kalibrasi *Spectrum Analyzer***

## BAB IV

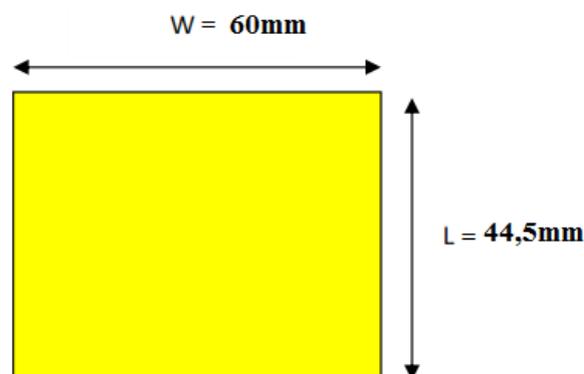
### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

Pada bab 2 sebelumnya telah dijelaskan untuk mendapatkan dimensi dari elemen *patch* dan *substrat* dapat menggunakan rumus kemudian disempurnakan dengan melakukan iterasi pada perangkat lunak. Dalam bab 4 ini, hasil penelitian yang dilakukan terbagi menjadi empat tahapan yaitu tahapan pertama, hasil desain elemen peradiasi dan hasil impedansi masukan. Tahapan yang kedua adalah hasil fabrikasi yang diserahkan kepada pihak ketiga. Tahapan ketiga yaitu hasil simulasi yang meliputi *bandwidth*, *VSWR*, dan *return loss* yang menjadi pembahasan dari penelitian. Sedangkan tahap terakhir yaitu pengukuran spesifikasi antenna meliputi *bandwidth*, *VSWR*, dan *return loss* menggunakan alat ukur *Spectrum Analyzer*.

##### 4.1.1. Hasil Desain Antena Mikrostrip

##### 4.1.1.1 Hasil Desain Dimensi *Patch*



Gambar 4. 1 Dimensi *Patch*

Hasil dituliskan pada tabel 4.1 yaitu dimensi elemen peradiasi antenna mikrostrip frekuensi 1,5 – 1,6GHz.

Tabel 4.

Dimensi	Hasil Perhitungan	Hasil Iterasi
Panjang patch ( $L_P$ ) mm	45,8 mm	44,5mm
Lebar patch ( $W_P$ ) mm	59 mm	60 mm

1  
Dimensi  
Elemen  
Peradiasi  
i

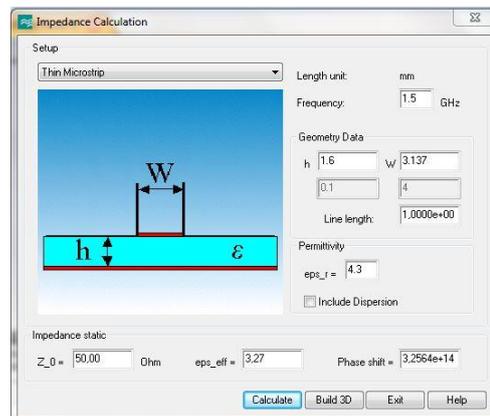
Hasil dimensi substrat yang didapatkan dituliskan pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Dimensi Elemen Peradiasi Dan Substrat

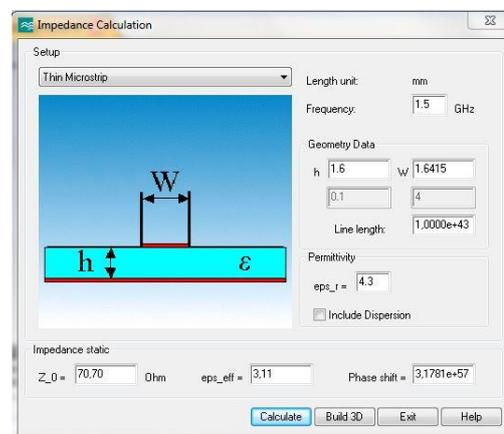
Hasil	Dimensi Elemen			
	Patch		Substrat	
	$W_p$ (mm)	$L_p$ (mm)	$W_s$ (mm)	$L_s$ (mm)
Hasil Perhitungan	59	44,58	79	64
Hasil Iterasi Simulasi	60	44,5	65	55

#### 4.1.1.2. Hasil Dimensi Saluran Impedansi Pencatu

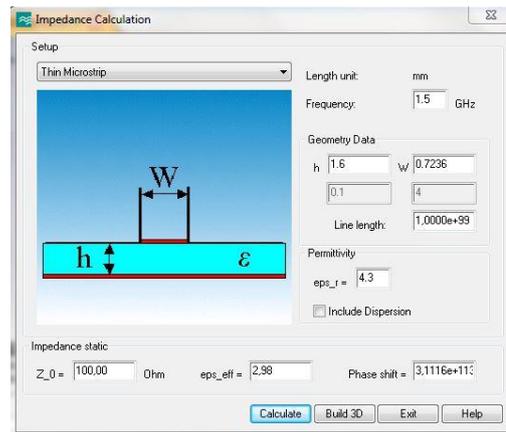
Pada skripsi ini saluran impedansi yang digunakan yaitu impedansi dengan nilai  $50 \Omega$ ,  $70,7 \Omega$  dan  $100 \Omega$ . Ketiga saluran impedansi ini memiliki lebar yang berbeda-beda. Dimensi lebar dari saluran ini dapat dihitung menggunakan rumus yang telah dijelaskan pada bab atau dapat langsung menggunakan aplikasi dari perangkat lunak *CST studio suite*. Hasil dari perhitungan lebar saluran impedansi menggunakan perangkat lunak *CST studio suite* dapat dilihat pada gambar 4.2 untuk impedansi  $50 \Omega$ , gambar 4.3. untuk impedansi  $70,7 \Omega$ , dan gambar 4.3 untuk impedansi  $100 \Omega$ .



**Gambar 4. 2 Hasil Perhitungan Lebar Impedansi  $50 \Omega$**

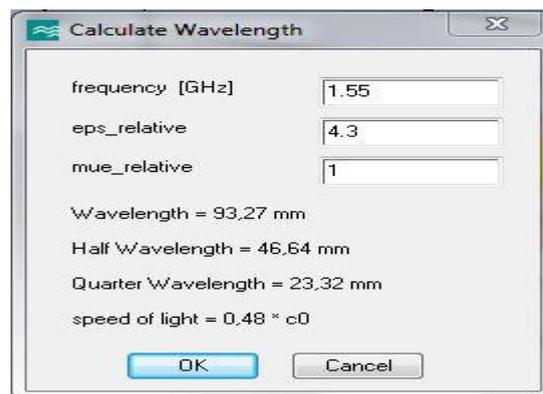


**Gambar 4. 3 Hasil Perhitungan Lebar Impedansi  $70,7 \Omega$**



**Gambar 4. 4 Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 100  $\Omega$ .**

Saluran pencatu juga memiliki dimensi panjang yang dapat langsung dihasilkan dari penyesuaian dengan hasil dimensi *substrat* dan *patch* yang telah dibuat. Namun, khusus untuk saluran impedansi 70,7  $\Omega$ , dimensi panjang saluran ini menggunakan transformasi  $\lambda/4$ . Dimana nilai  $\lambda$  adalah panjang gelombang dari frekuensi kerja dan dapat dicari menggunakan rumus pada bab atau langsung dengan menggunakan perangkat lunak CST *studio suite* yang ditunjukkan pada gambar 4.5.



**Gambar 4. 5 Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Antena**

Dari pembahasan diatas, maka dapat ditentukan perbandingan hasil dimensi lebar dan panjang saluran impedansi yang ditulis pada tabel 4.3.

**Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Lebar dan Panjang Saluran Impedansi**

Hasil	Saluran Pencatu			Panjang gelombang		
	50 $\Omega$	70,7 $\Omega$	100 $\Omega$	$\lambda$	$\frac{1}{2} \lambda$	$\frac{\lambda}{4}$
	W (mm)			L (mm)		
<b>Hasil Perhitungan</b>	3,131	1,631	0,648	93,27	46,64	23,32
<b>Hasil Iterasi Simulasi</b>	3,137	1,6415	0,7236	93.27	46.64	23.32

\*keterangan = w (lebar), L (panjang)

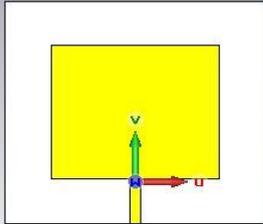
Dimensi yang akan digunakan pada proses desain adalah dimensi yang dihasilkan dari hasil iterasi simulasi menggunakan perangkat lunak CST *studio suite*.

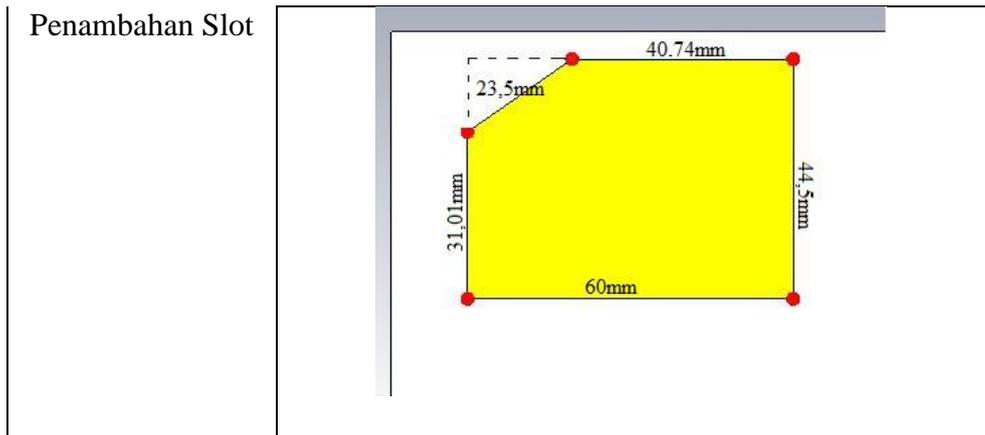
#### 4.1.2. Hasil Desain dan Fabrikasi Antena Mikrostrip

##### 4.1.2.1. Hasil Desain Single Patch Antena

Hasil dari desain *single patch* antena yang menggunakan dimensi perhitungan, iterasi dan setelah pemotongan *patch* yang dimensinya sudah dibahas pada bab 3 ditunjukkan pada tabel 4.4.

**Tabel 4. 4 Hasil Desain *Single Patch* Antena**

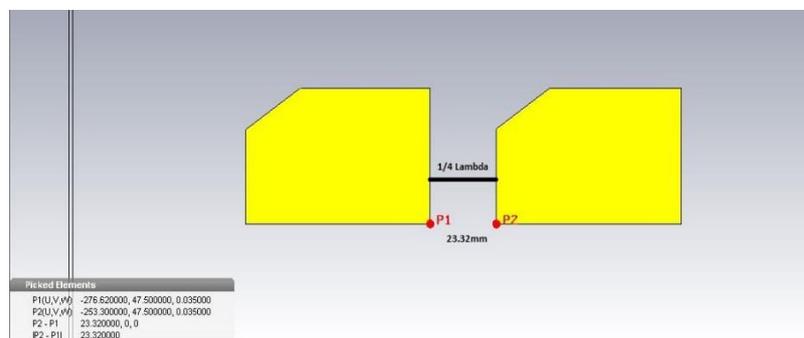
Hasil Desain <i>Single Patch</i>	
Dimensi Hasil Iterasi	
Dimensi dengan	



Setelah hasil desain iterasi telah sesuai maka diberi gangguan pada elemen peradiasinya yang menjadi potensi antenna untuk menghasilkan polarisasi melingkar.

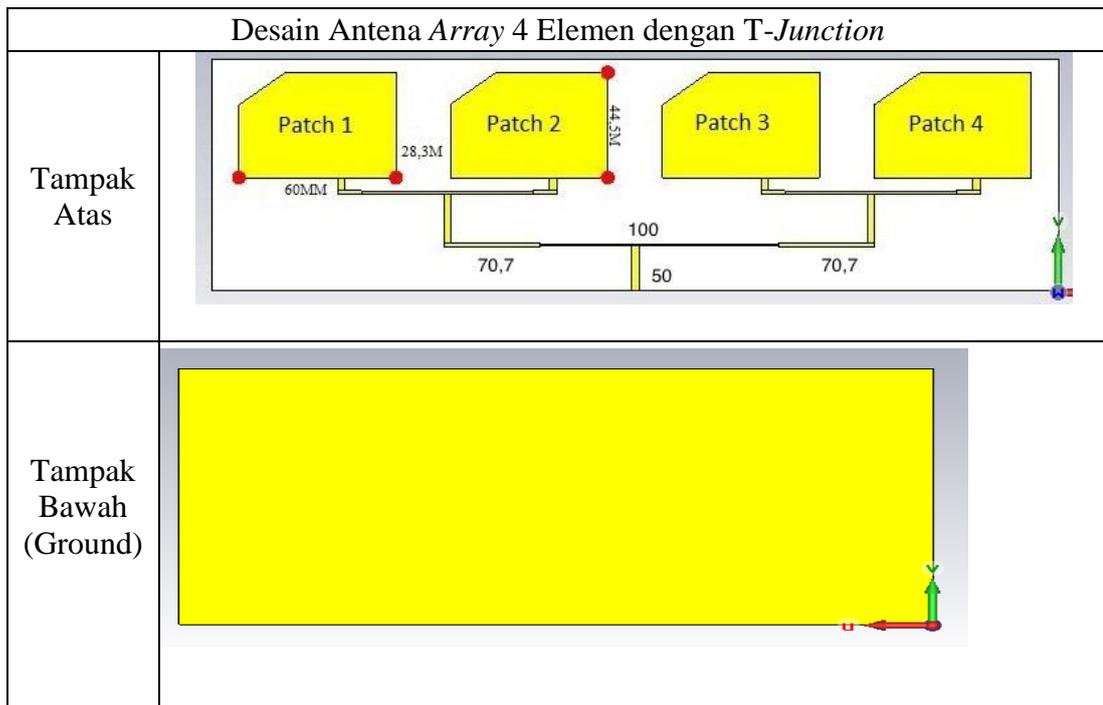
#### 4.1.2.2. Hasil Desain Antena Array 4 Elemen dengan T-Junction

Setelah desain *single patch* didapat, selanjutnya adalah mendesain antenna *linier array* 4 elemen. Bentuk *T-Junction* yang digunakan menggunakan impedansi saluran  $50 \Omega$ ,  $70,7 \Omega$  dan  $100 \Omega$  dengan bentuk yang telah dijelaskan pada bab. Hasil desain antenna *linier Array 4 Elemen dengan T-Junction* dapat dilihat pada tabel 4.5. Jarak per elemen nya di dapat dari seperempat panjang gelombang seperti pada Gambar 4.6.



**Gambar 4. 6 Jarak Per Elemen Susunan Array**

**Tabel 4. 5 Hasil Desain Antena Array 4 Elemen dengan T-Junction**

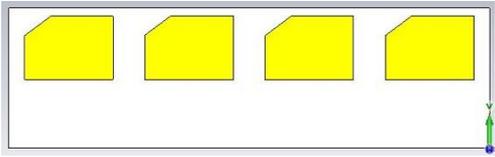
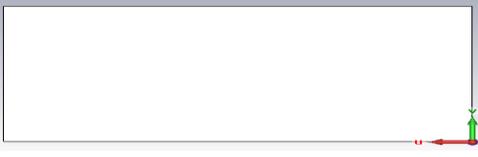
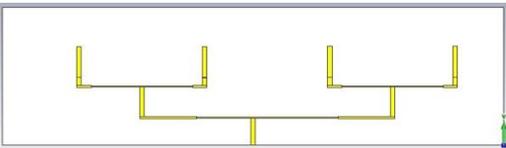
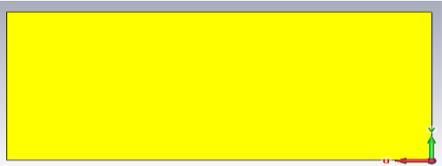


#### 4.1.2.3. Hasil Desain Antena Array dengan Pencatuan *Proximity Coupling*

Pada hasil desain antena *array* pencatuan saluran impedansi dari  $50 \Omega$  langsung mengenai peradiasi atau *patch* dari antena, artinya desain pada tabel 4.4 masih menggunakan teknik pencatuan langsung. Pada skripsi ini teknik pencatuan yang digunakan adalah teknik pencatuan tidak langsung dimana saluran impedansi  $50 \Omega$  tidak menyentuh *patch* secara langsung melainkan disatukan secara elektromagnetik dengan dua buah substrat yang berbeda, inilah yang disebut dengan teknik pencatuan *proximity coupling*. Hasil desain antena *array* dengan pencatuan *proximity coupling* dapat dilihat tabel 4.6.

**Tabel 4. 6 Hasil Desain Antena Array dengan Pencatuan *Proximity Coupling***

Hasil Desain Antena Array 4 Elemen dengan <i>Proximity Coupling</i>		
<i>Substrat</i>	Tampak Atas	Tampak Bawah

1		
Tampak Atas		Tampak Bawah
Substrat 2		

#### 4.1.2.4. Hasil Fabrikasi Antena

Fabrikasi dilakukan menggunakan jasa pihak ketiga yaitu Spectra Bandung. Langkah-langkah melakukan fabrikasi ini sudah dibahas sebelumnya pada bab 3. Hasil dari fabrikasi antena dapat dilihat pada gambar 4.7.

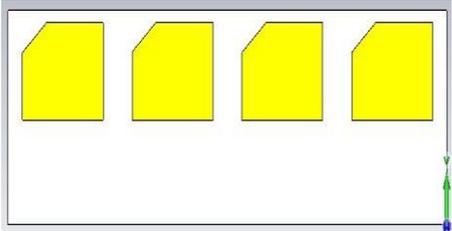
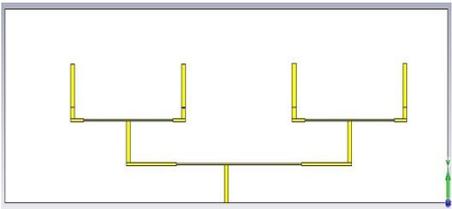


**Gambar 4. 7 Hasil Fabrikasi Antena**

#### 4.1.2.5. Perbandingan Hasil Desain dengan Hasil Fabrikasi Antena

Dalam desain dimensi antena dimasukkan dalam satuan milimeter, sedangkan pada fabrikasi menggunakan satuan centimeter. Selain itu, pada desain angka yang digunakan tidak harus angka pembulatan asalkan nilai yang diinginkan dapat dihasilkan, berbeda dengan fabrikasi. Dimensi antena yang ingin di fabrikasi harus dilakukan pembulatan sehingga akan menghasilkan perbedaan dimensi. Perbedaan dimensi hasil desain dan simulasi dapat dilihat dengan dua cara, pertama adalah dengan melihat secara bentuk antena. Perbandingan tampilan antena hasil desain dan fabrikasi ditunjukkan pada tabel 4.7.

**Tabel 4. 7 Perbandingan Hasil Desain dengan Hasil Fabrikasi Antena**

Hasil Desain Antena <i>Array</i> 4 Elemen dengan <i>Proximity Copling</i>		
	Hasil Desain	Hasil Fabrikasi
<i>Substrat 1</i> (tampak atas)		
<i>Substrat 2</i> (tampak atas)		

Secara penampilan hasil desain dengan hasil fabrikasi tidak jauh berbeda, maka diperlukan cara kedua untuk melihat apakah hasil fabrikasi sama atau berbeda dari hasil desain. Cara kedua adalah dengan mengukur kembali dimensi antenna hasil fabrikasi menggunakan alat ukur mistar sehingga diperoleh ukuran dimensinya. Setelah dilakukan pengukuran dengan menggunakan mistar akan terlihat perbedaan dimensi antenna antara hasil fabrikasi dengan hasil desain dengan software seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.8.

**Tabel 4. 8 Perbandingan Dimensi Hasil Desain dan Simulasi**

Parameter	CST <i>Microwave</i> Studio 2014		Fabrikasi	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)
<i>Patch</i>	60	44.5	60	44.5
<i>Substrat</i>	65	55	65	55
Jarak Antar Elemen	28,32	-	28,5	-
Saluran 50 $\Omega$	5,25	3,137	5,5	3,2
Saluran 70,7 $\Omega$	10	1,6415	10	1,7
Saluran 100 $\Omega$	71,45	0,7236	75	1

Berdasarkan tabel 4.8 perbandingan dimensi hasil desain dan pengukuran tidak terlampaui jauh. Perbedaan tidak melebihi 1 cm sehingga hasil fabrikasi masih dapat digunakan untuk pengukuran. Dengan perbedaan dimensi yang cukup kecil ini, diharapkan hasil parameter yang dihasilkan dari fabrikasi tidak terlalu jauh berbeda dengan parameter hasil simulasi.

### 4.1.3. Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena

#### 4.1.3.1 Hasil Simulasi Antena

##### 1.a. 1D Result

Parameter-parameter yang disimulasikan antena pada 1D Result yaitu frekuensi kerja antena, *return loss*, *bandwidth*, dan VSWR antena. Hasil dari 1D Result dapat dilihat pada tabel 4.9.

**Tabel 4. 9 Hasil Simulasi 1D Result**

Hasil Simulasi 1D Result		Hasil Pengukuran
Frekuensi Kerja		$F_c = 1,579$ GHz
Bandwidth		$F_1 = 1,485$ $F_2 = 1,600$ Bandwidth 115 MHz
Return loss		RL = -20,91 dB
		VSWR =

VSWR		1,19
------	--	------

### 1.b. 2 D Result

Parameter-parameter yang disimulasikan antenna pada 2 D *Result* yaitu *E-field* antenna. Pada nilai *E-field* dapat menunjukkan besar axial ratio dengan membandingkan sumbu x dan sumbu y. Untuk menghasilkan polarisasi melingkar nilai axial ratio harus kurang dari 3. Hasil sumbu X dan Y pada *E-field* ditunjukkan pada gambar 4.8.

e-field (f=1.579) [1] (peak)		e-field (f=1.579) [1] (peak)	
Type:	E-Field	Type:	E-Field
Component:	X	Component:	Y
3D Maximum [V/m]:	2272	3D Maximum [V/m]:	7650
3D Max. position:	130, -22.25, 2.22e-16	3D Max. position:	125.2, -50.68, -1.635
Frequency:	1.579	Frequency:	1.579
Phase:	0	Phase:	0

**Gambar 4. 8 Hasil sumbu X dan Y (E-field)**

Berdasarkan gambar 4.8 maka nilai axial ratio dari antenna dapat ditulis pada tabel 4.9.

**Tabel 4. 10 Hasil Nilai Axial Ratio**

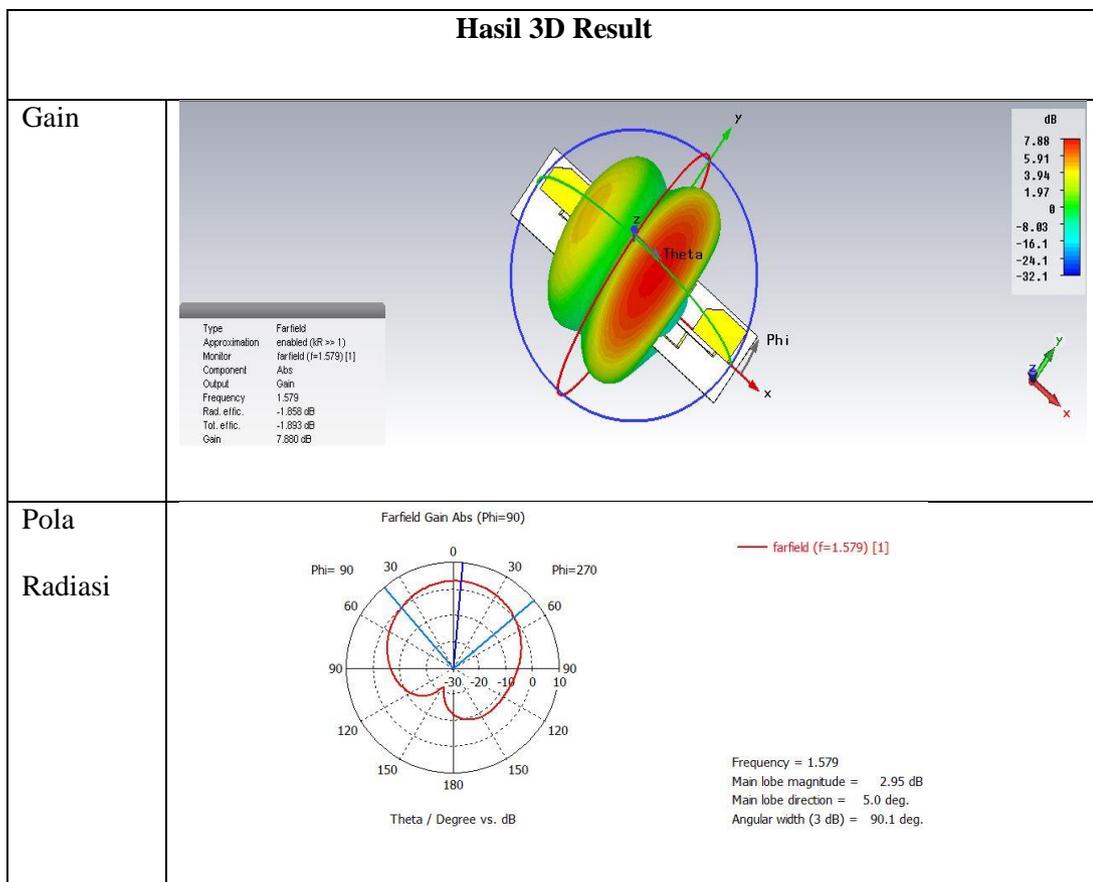
Efield (sumbu X)	Efield (sumbu Y)	<i>Axial Ratio</i>
2272	7650	0,29 dB

Nilai axial ratio yang didapat pada hasil simulasi antenna menunjukkan nilai 0,29 dB yang berarti antenna hasil desain berpolarisasi melingkar.

### 1.c. 3 D Result

Parameter-parameter antenna yang dilihat pada penelitian pada simulasi farfield antenna yaitu nilai gain antenna, dan pola radiasi antenna hasil simulasi. Hasil simulasi dari 3 D Result ditunjukkan pada tabel 4.11. Nilai dari hasil simulasi ditunjukkan pada tabel 4.12.

**Tabel 4. 11 Hasil 3D Farfield**

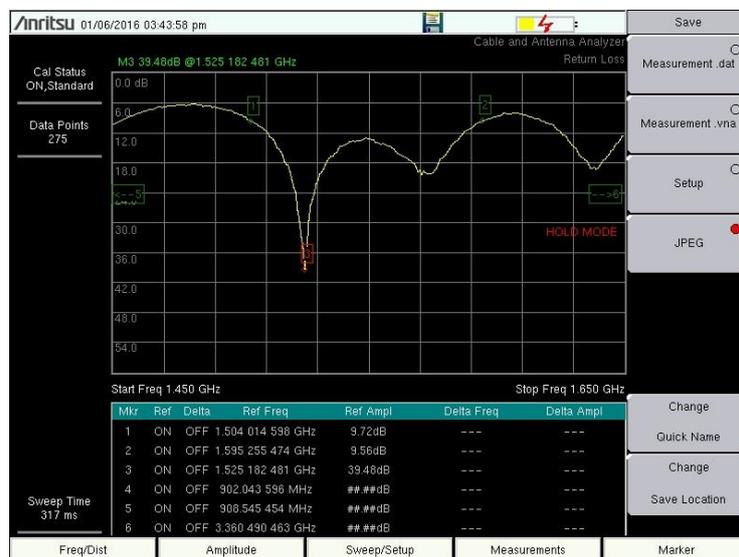


**Tabel 4. 12 Hasil Nilai Simulasi 3 D Result**

Parameter	Hasil Simulasi
Gain	7,880 dB
Sudut Angular	90,1 derajat
Main Lobe	2,95 dB

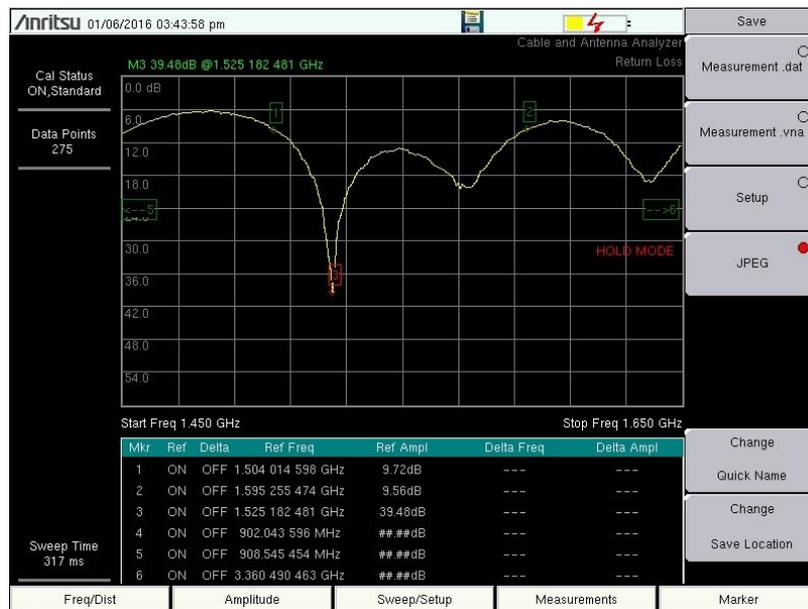
#### 4.1.3.2. Hasil Pengukuran Antena

Pengukuran pada alat ukur ini meliputi pengukuran frekuensi kerja, *bandwidth*, *return loss*, dan VSWR. Dalam menggunakan alat ukur *spectrum analyzer*, dilakukan terlebih dahulu kalibrasi antenna sesuai dengan frekuensi kerja yang dimiliki antenna tersebut lalu setelahnya melakukan pengukuran parameter antenna yang telah dibahas sebelumnya pada bab 3.3.6. Hasil pengukuran parameter antenna dapat dilihat pada Gambar 4.9. dan Gambar 4.10 untuk Bandwidth.



**Gambar 4. 9 Hasil Pengukuran Return Loss Dengan Spectrum Analyzer**

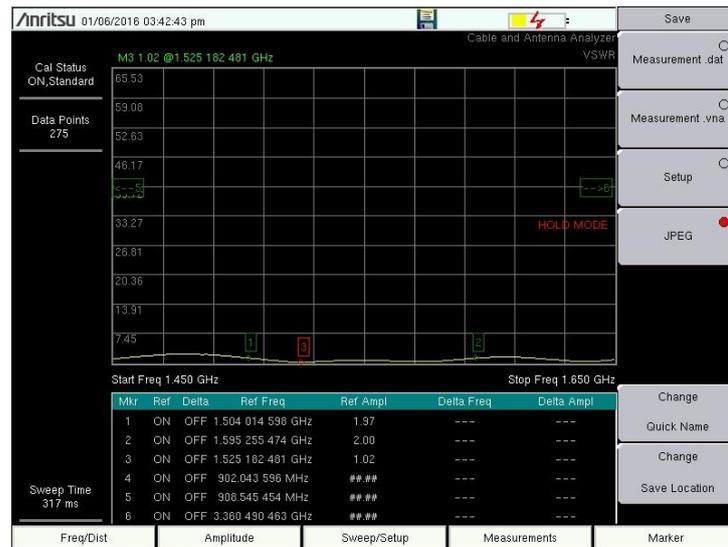
Pada Gambar 4.9 ditunjukkan hasil pengukuran return loss antenna mikrostrip *array* 4 elemen menggunakan alat ukur *Spectrum Analyzer*. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh *return loss* sebesar -20,9 dB.



**Gambar 4. 10 Hasil Pengukuran Bandwidth Dengan Spectrum Analyzer**

Berdasarkan Gambar 4.10, pada frekuensi 1,525 GHz besarnya *bandwidth* yang diperoleh adalah sebagai berikut.

$$Bandwidth = \frac{f_2 - f_1}{f_c} = \frac{1595 - 1504}{1525} \times 100\% = 5,96\% \text{ (91 MHz)}$$



**Gambar 4. 11 Hasil Pengukuran VSWR Antena Mikrostrip Array 4 Elemen Berbentuk Linear**

Pada Gambar 4.13 ditunjukkan hasil pengukuran VSWR antena mikrostrip *array* 4 elemen menggunakan alat ukur *Spectrum Analyzer*.

**Tabel 4. 13 Hasil Pengukuran Bandwidth, VSWR, dan Return Loss Antena Mikrostrip Segiempat Array 4 Elemen Berbentuk Linear**

Bandwidth	VSWR	Return Loss
91 MHz	1,02	-39,48 dB

#### 4.1.4. Pembahasan

Hasil parameter yang diujikan berdasarkan hasil simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014 dan hasil pengukuran menggunakan alat ukur *spectrum analyzer*. Hasil parameter yang dibandingkan adalah frekuensi kerja antena, *bandwidth*, *return loss*, dan VSWR antena. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, data perbandingan parameter ditulis pada tabel 4.14.

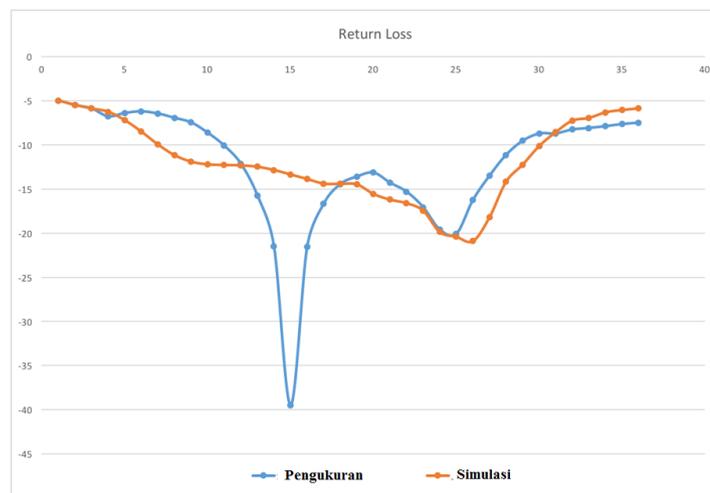
**Tabel 4. 14 Data Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran**

Frek	Return Loss		VSWR	
	simulasi	pengukuran	Simulasi	Pengukuran
1470	-6.79	-6.27	2.69	2.95
1475	-6.41	-7.23	2.83	2.55
1480	-6.23	-8.52	2.91	2.1
1485	-6.47	-9.97	2.7	1.93
1490	-6.96	-11.18	2.62	1.76
1495	-7.48	-11.91	2.46	1.68
1500	-8.64	-12.22	2.21	1.64
1505	-10.11	-12.29	1.91	1.64
1510	-12.15	-12.33	1.66	1.63
1515	-15.75	-12.49	1.39	1.62
1520	-21.52	-12.86	1.15	1.58
1525	-39.48	-13.36	1.02	1.54
1530	-21.56	-13.87	1.18	1.5
1535	-16.69	-14.39	1.34	1.47
1540	-14.46	-14.42	1.47	1.47
1545	-13.61	-14.48	1.53	1.48
1550	-13.16	-15.56	1.56	1.49
1555	-14.3	-16.21	1.48	1.48
1560	-15.32	-16.61	1.39	1.44
1565	-17.07	-17.46	1.33	1.38
1570	-19.6	-19.87	1.23	1.3
1575	-20.07	-20.41	1.22	1.22
1580	-16.27	-20.9	1.36	1.2
1585	-13.52	-18.21	1.53	1.29
1590	-11.16	-14.19	1.76	1.45
1595	-9.56	-12.25	2	1.63
1600	-8.74	-10.15	2.15	1.88
1605	-8.72	-8.57	2.26	2.17
1610	-8.28	-7.28	2.25	2.48

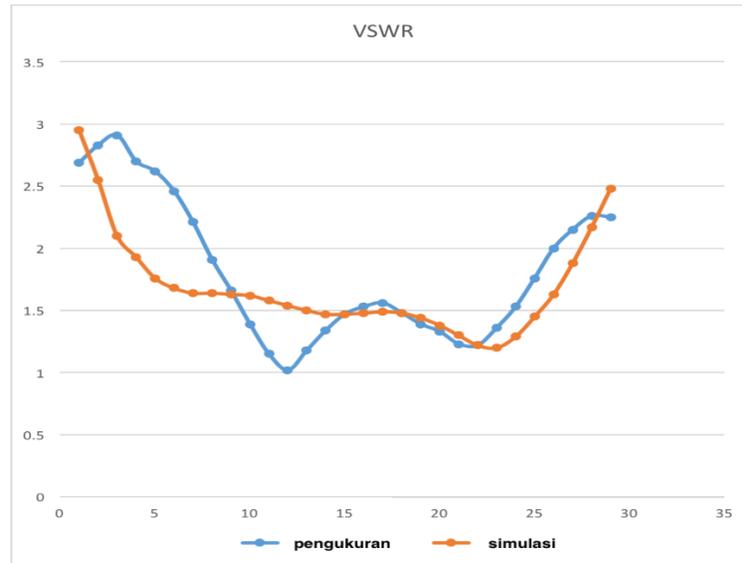
Perbedaan hasil parameter menggunakan simulasi dan pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.15.

**Tabel 4. 15 Perbandingan Hasil Parameter Simulasi dan Pengukuran**

Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Frekuensi (MHz)	1,579	1,525
<i>Bandwidth</i> (MHz)	115 MHz	91 MHz
<i>Return loss</i> (dB)	-20,9 dB	-39,48 dB
VSWR	1,19	1,02



**Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan *Return Loss* Simulasi dan Pengukuran**



**Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan VSWR Simulasi dan Pengukuran**

Hasil pada grafik Gambar 4.12 menunjukkan bahwa frekuensi kerja yang diperoleh pada hasil simulasi yaitu 1,579 GHz dan hasil pengukuran yaitu 1,525 GHz. Frekuensi kerja yang masih dalam rentang kerja antena. Pada hasil pengukuran nilainya bergeser dari hasil simulasi, nilai *Return Loss* dan *Bandwidth* yg dihasilkan juga agak bergeser yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya saat penyambungan lapisan substrat, pemotongan PCB, jenis substrat yang digunakan, dan *loss* kabel konektor pada saat pengukuran.

Nilai VSWR pada hasil simulasi yaitu 1,19 sedangkan pada hasil pengukuran diperoleh VSWR sebesar 1,02 Gambar 4.13. *Return loss* pada hasil simulasi yaitu -20,9 dB sedangkan pada hasil pengukuran diperoleh nilai *return loss* sebesar -39,48 dB. *Bandwidth* yang diperoleh dari hasil simulasi yaitu 115 MHz. Sedangkan *Bandwidth* yang diperoleh dari hasil pengukuran yaitu 91 MHz. *Bandwidth* pada hasil pengukuran lebih sempit dibandingkan dengan *bandwidth*

pada hasil simulasi. Pemilihan material substrat menjadi salah satu faktor *bandwidth* yang dihasilkan pada hasil pengukuran menjadi lebih sempit dibandingkan pada hasil simulasi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Pada skripsi ini, didesain sebuah antenna mikrostrip segiempat *array* 4 elemen berbentuk linear frekuensi 1,5-1,6GHz pada aplikasi *Mobile Satellite* dengan *bandwidth* 115MHz, *return loss* sebesar -20,91 dB, dan VSWR bernilai 1,19 di perangkat lunak *CST Microwave Studio 2014*, difabrikasi menggunakan jasa pihak ketiga oleh spectra di daerah Bandung dan pengukuran menggunakan *spectrum analyzer Anritsu tipe S332E*.

#### **5.2. Saran**

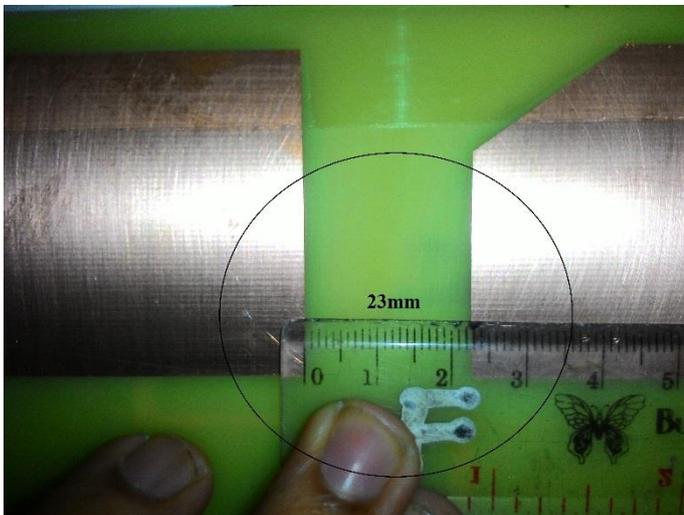
Dalam melakukan rancang bangun antenna mikrostrip ada beberapa saran yang ingin disampaikan yaitu:

1. Untuk mendesain antenna mikrostrip diperlukan sumber untuk belajar menggunakan *CST Microwave studio 2014*, karena jika sedang melakukan penelitian tetapi belum memahami penggunaan *CST Microwave Studio* penelitian agak terhambat dan memakan waktu seperti yang dialami penulis
2. Dalam melakukan desain sebisa mungkin teliti dan terus mencatat hasil iterasi, karena semakin banyak dicoba iterasi dan dicatat hasil yang diinginkan akan cepat didapat.
3. Untuk mendapatkan hasil maksimal hendaknya pelajari dahulu metode metode untuk mendapatkan parameter yang diinginkan.

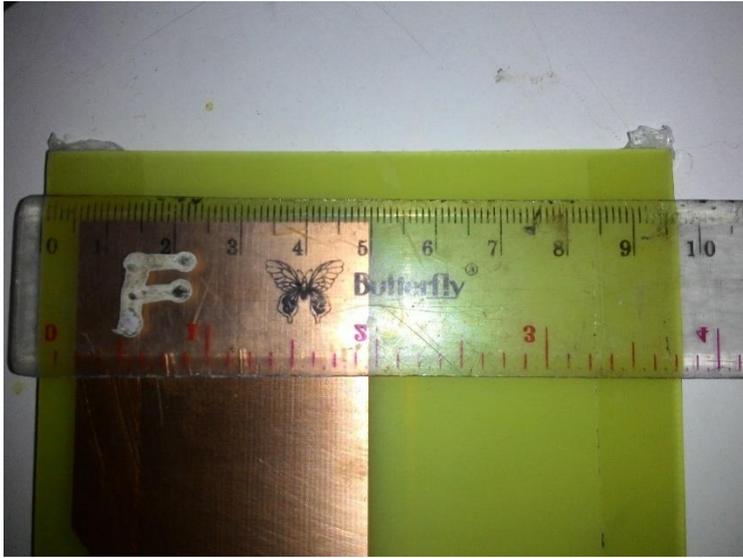
4. Untuk mendapatkan hasil simulasi dan pengukuran mendekati sama maka harus diperhatikan adalah ketelitian dalam proses fabrikasi karena ukuran beberapa angka dibekang koma, ketebalan elemen peradiasi dan kerapihan pemotongan PCB sangat diperhitungkan.
5. Menggunakan jenis teknik pencatuan yang baik dan sedikit iterasi, sehingga mendapatkan hasil *bandwidth* yang lebih lebar dan memenuhi spesifikasi.

## LAMPIRAN

### FOTO PENELITIAN



(Hasil Fabrikasi Antena Tampak Depan *Substrate 1* Dan *Substrate 2*)



(Hasil Fabrikasi Antena Mikrostrip Tampak Belakang *Substrate 1* Dan *Substrate 2*)



(Hasil Dimensi Panjang Dan Lebar Elemen Peradiasi Antena Mikrostrip)



**(Alat Kalibrasi Spectrum Analyzer Dan Kabel Koaksial)**

## BIODATA DIRI

### Data Pibadi



Nama : Abdul Syawaludin  
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 6 April 1993  
Jenis Kelamin : Laki -Laki  
Agama : Islam  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Status : Belum menikah  
Alamat : Jl. Tebet Utara 3, RT/RW 008/02, Tebet, Jakarta Selatan  
DKI Jakarta 12820  
Telephon : 083893319665  
Email : [abdulsyawaludin21@gmail.com](mailto:abdulsyawaludin21@gmail.com)

### Latar Belakang Pendidikan

Formal  
2011 – Sekarang : Universitas Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro  
2008 – 2011 : SMA Muhammadiyah 5 Jakarta, Jurusan IPA (Ilmu Pengetahuan Alam)  
2005 – 2008 : SMP Negeri 3 Jakarta Selatan  
2002 – 2005 : SD Tebet Timur 13 Pagi Jakarta Selatan

### Pengalaman Organisasi

2012-2013 : Unit Kesenian Mahasiswa (Sub Unit Band)

### Pengalaman Kerja

Praktek Kerja di : PT. Telkomsel.Tbk  
Periode : Februari - Maret 2015  
Posisi : Mahasiswa Praktek  
Rincian Pekerjaan:  
- Melakukan penelitian  
- Membuat laporan hasil penelitian

Praktek Mengajar di : SMK Teratai Putih Jakarta  
Periode : Agustus – November 2014  
Posisi : Asisten Pengajar Mapel Teknik Pemrograman Kelas X  
dan XI Audio

Rincian pekerjaan :

- Membuat RPP dan Bahan Ajar satu semester (Kurikulum 2013)
- Membuat soal UTS dan UAS satu semester
- Mengajar di kelas dua kali seminggu 1x2 jam pelajaran.
- Membuat laporan hasil pembelajaran satu semester
- Membuat laporan hasil praktek mengajar

Demikian biodata diri ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 8 Januari 2016  
Hormat saya,

Abdul Syawaludin

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, Mudrik. **Antena Prinsip dan Aplikasi**. 2011. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Amit Kumar, Dkk. 2013. *Performance Analysis of Different Feeding Techniques*, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, [Journal], Volume 3, Issue 3,
- Arnfinn Nyseth and Svein A Skyttemyr, *Earth Station Antenna Technology*.
- Avinish Kumar Tripathi, Dkk, 2013. *Design And Analysis Of Swastik Shape Microstrip Patch Antenna At Glass Epoxy Substrate On L-Band And S-Band*. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)* Volume 2, Issue 7.
- Balanis, C.A. 2005. *Antenna Theory: Analysis and Design*. New York, USA: John Wiley & Sons. Inc.
- Cuccia, C.L., 1978 *Digital Satellite Communications - Systems, Components, and Limitations, in Microwave Symposium Digest, 1978 IEEE-MTT-S International* , vol. no. pp.463-465, 27-29 June.
- Elevation Training*. [HTTP://www.SES.com/Africa.html](http://www.SES.com/Africa.html) , diakses dan diunduh pada 31 Oktober 2015.
- Garg, R. Bhartia, P. Bahl, Inder. Ittipiboon, A. 2001. *Microstrip Antenna Design Handbook*. Boston, London: Penerbit : Artech House.
- Sugiyono. 2015. **Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D)**. 22th ed. Bandung: Alfabeta.
- Ramando Sinaga,. 2014. **Analisis Perbandingan Antara Saluran Pencatu Feed Line Dan Proximity Coupled Untuk Antena Mikrostrip Patch Segiempat**. [Skripsi], Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU).
- Rizadi Sasmita Darwis, Dkk. 2010. **Perancangan Dan Pembuatan Antena Mikrostrip Pada Frekuensi 145,9MHz Dan 436MHz Terpolarisasi Sirkular Dan Berpola Radiasi Direksional Untuk Portable Transceiver Satellite**, [Skripsi], Surabaya: Fakultas Teknologi Industri. Institute Sepuluh November.
- Sandi, E. 2013. **Antena dan Propagasi Gelombang**. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta.
- Setiawan, 2010. **Alokasi Frekuensi Kebijakan Dan Pelaksanaan Spectrum Indonesia**, Jakarta : Departemen Komunikasi dan Informatika, Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi.

Sri Hardiati, Dkk. **Antena Array 4 Patch Mikrostrip Sirkular Pada Frekuensi 2300-2400 MHz**. Bandung: Peneliti Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET-LIPI).

Surjati, I. 2010. **Antena Mikrostrip : Konsep dan Aplikasi**. Jakarta: Penerbit Universitas Trisakti.

Thomas Weiland, 2012, *CST Training Core Module*.

Wayne S. T. Rowe, Dkk. 2006 *Investigation Into the Performance of Proximity Coupled Stacked Patches*. *IEEE Transactions On Antennas And Propagation*, VOL. 54, NO. 6.