

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP SEGIEMPAT *LINIER ARRAY*
DENGAN TEKNIK PENCATUAN *PROXIMITY COUPLING* PADA FREKUENSI
1,575 GHZ UNTUK APLIKASI GPS SISTEM *QUASI ZENITH SATELITTE***



NOVI WAHYUNI

5215116395

**Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Memperoleh
Gelar Sarjana**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

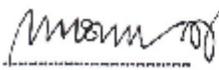
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2016

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Efri Sandy, S.Pd., MT (Dosen Pembimbing I)	 -----	20/01/16 -----
Drs. Mufti Ma'sumi, M.Pd (Dosen Pembimbing II)	 -----	20/01/16 -----

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Pitoyo Yuliatmojo, MT. (Ketua Penguji)	 -----	11/01/16 -----
Drs. Wisnu Djatmiko, MT. (Sekretaris Penguji)	 -----	18/01/16 -----
Dr. Baso Maruddani, MT. (Dosen Ahli)	 -----	08/01/16 -----

Tanggal Lulus :

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Segiempat *Linier Array* dengan Teknik Pencatuan *Proximity Copling* pada Frekuensi 1,575 GHz untuk Aplikasi GPS Sistem *Quasi Zenith Satelite*” 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, 25 Januari 2016

Yang Membuat Pernyataan

Novi Wahyuni
5215116395

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 Segiempat *Linier Array* dengan Teknik Pencatutan *Proximity Copling* pada Frekuensi 1,575 GHz untuk Aplikasi GPS Sistem *Quasi Zenith 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. Drs. Wisnu Djatmiko, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta
2. Pitoyo Yuliatmojo, MT selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika.
3. Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd, selaku Pembimbing Akademik.
4. 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.
5. Kedua orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan semangat serta doa yang tidak pernah berhenti diucapkan untuk kelancaran dan keberhasilan saya.
6. Teman-teman seperjuangan khususnya Elektronika Kurcaci 2011 yang selalu membantu dan memberikan motivasi serta mendoakan peneliti selama menyelesaikan skripsi ini.
7. 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

Novi Wahyuni
5215116395

ABSTRAK

Novi Wahyuni, Rancang Bangun Antena Mikrostrip Segiempat *Linier Array* dengan Teknik Pencatuan *Proximity Coupling* pada Frekuensi 1,575 GHz untuk Aplikasi GPS Sistem *Quasi Zenith Satellite*. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2015. Dosen Pembimbing Efri Sandy, S.Pd., MT dan Drs. Mufti Ma'sum, M.Pd.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain, membuat, dan mengukur parameter antena mikrostrip segiempat *linier array* dengan teknik pencatuan *proximity coupling* parameter yang diujikan yaitu frekuensi tengah 1,575 GHz, *bandwidth* minimal 10 MHz, Gain minimal 4 dB, axial ratio maksimal 2, polarisasi melingkar, *return loss* minimal 10 dB dan VSWR maksimal 2 sehingga sesuai dengan antena GPS untuk *Quasi Zenith Satellite*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada bulan September 2015 – Desember 2015.

Antena ini dirancang pada frekuensi tengah 1,575 GHz dibuat menggunakan substrat Epoxy FR-4 dengan $\epsilon_r = 4,3$ dan $h = 1,6$ mm. Dari frekuensi kerja antena maka didapatkan dimensi antena dengan lebar elemen peradiasi 53,28 mm dan panjang elemen peradiasi 42,28 mm. Penelitian ini menggunakan teknik *linier array* saluran *T-Junction* untuk menghasilkan gain yang besar, teknik slot untuk menghasilkan polarisasi melingkar dan teknik pencatuan *proximity coupling* untuk membuat nilai *return loss* dan VSWR sesuai dengan parameter yang diinginkan. Desain antena menggunakan perangkat lunak CST microwave studio 2014 dan pengukuran dilakukan menggunakan perangkat keras spectrum analyzer.

Dari hasil penelitian Antena Mikrostrip Segiempat *Linier Array* dengan teknik pencatuan *Proximity Coupling* untuk Aplikasi pada Frekuensi 1,575 GHz telah berhasil dibuat dan diuji secara simulasi dan pengukuran. Sehingga dapat disimpulkan bahwa antena mikrostrip ini berhasil didesain pada perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014, difabrikasi, dan diuji menggunakan alat ukur *Spectrum Analyzer* dengan hasil parameter frekuensi kerja sebesar 1,560 GHz, *bandwidth* sebesar 30 MHz, gain sebesar 7 dB, axial ratio 0.93 dB, polarisasi melingkar (RHCP), *return loss* 30,77 dB dan VSWR 1.04.

Kata Kunci : Antena Mikrostrip Segiempat, *linier array*, *proximity coupling*, GPS, *Quasi Zenith Satellite*, Parameter antena.

ABSTRACT

Novi Wahyuni, Rectangular Microstrip Antenna Design of Linear Array with rationing Proximity Coupling Technique on the frequency of 1.575 GHz for GPS Applications Quasi Zenith Satellite System. Thesis. Jakarta, Educational of Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2015. Supervisor are Efri Sandy, S.Pd., MT and Drs. Mufti Ma'sum, M.Pd.

This research aims to design, create, and measure the parameters of the microstrip antenna quadrilateral linear array technique rationing proximity coupling parameter being tested is the center frequency of 1.575 GHz, bandwidth of at least 10 MHz, Gain at least 4 dB, axial ratio a maximum of 2, circular polarization, return loss a minimum of 10 dB and a maximum VSWR 2 to fit the GPS antenna for Quasi Zenith Satellite. 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 at the center frequency of 1.575 GHz made using Epoxy FR-4 substrate with $\epsilon_r = 4.3$ and $h = 1.6$ mm. Of the working frequency of the antenna are obtained with a width dimension of the antenna radiating elements 53.28 mm and 42.28 mm long radiating element. This study uses a linear array technique T-Junction line to produce large gain, a technique for generating circular polarization slot and proximity coupling rationing techniques to make the return loss and VSWR in accordance with the desired parameters. Antenna design software using CST Microwave Studio 2014 and measurements were performed using a spectrum analyzer hardware.

From the research results Quadrilateral Linear Microstrip Antenna Array with Proximity Coupling rationing techniques for application to the frequency of 1.575 GHz has been successfully made and tested in simulation and measurement. It can be concluded that the microstrip antenna is successfully designed on the software CST Microwave Studio 2014, fabricated, and tested using a measuring instrument Spectrum Analyzer with the result parameter operating frequency of 1.560 GHz, a bandwidth of 30 MHz, a gain of 7 dB axial ratio of 0.93 dB, circular polarization (RHCP), 30.77 dB return loss and VSWR 1.04.

Keywords : Microstrip Antenna Quadrilateral, linear arrays, proximity coupling, GPS, Quasi Zenith Satellite, antenna parameters

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Pembatasan Masalah	5
1.4. Perumusan Masalah	5
1.5. Tujuan Penelitian	6
1.6. Kegunaan Penelitian	6

BAB II KERANGKA TEORITIK, KERANGKA BERFIKIR DAN HIPOTESIS PENELITIAN

2.1. Kerangka Teoritik	7
2.1.1. Rancang Bangun	7
2.1.2. Antena Mikrostrip	7
2.1.2.1. Bentuk Antena Mikrostrip	10
1.a. Antena Mikrostrip <i>Rectangular</i> (Segiempat)	11
2.1.2.2. Parameter Antena Mikrostrip	14
2.a. Frekuensi Tengah	14
2.b. <i>Bandwidth</i>	14
2.c. Gain	16
2.d. Axial Ratio	16

2.e.	Polarisasi	16
2.f.	Pola Radiasi	18
2.g.	<i>Return Loss</i>	19
2.h.	VSWR (<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>)	20
2.i.	Impedansi <i>Matching</i>	21
2.1.2.3.	Jenis Antena Mikrostrip	22
3.a.	<i>Single Patch</i>	22
3.b.	<i>Linier Array</i> 2 Elemen	23
3.c.	Metode Slot	25
2.1.2.4.	Pencatuan Antena Mikrostrip <i>Elektromagnetik Coupling</i>	25
4.a.	<i>Proximity Coupling</i>	26
2.1.2.5.	Saluran Mikrostrip	27
2.1.2.6.	Karakteristik Saluran Mikrostrip	28
2.1.3.	Aplikasi GPS Sistem Quasi Zenith Satellite pada Frekuensi 1,575 GHz	29
2.1.3.1.	Satelit Navigasi	29
2.1.3.2.	<i>Global Positioning System</i> (GPS)	30
2.1.3.3.	Sistem <i>Quasi Zenith Satellite</i> (QZSS)	32
2.1.4.	Perangkat Lunak CST <i>Microwave Studio</i> 2014	36
2.1.4.1.	Desain Antena Mikrostrip Menggunakan CST <i>Microwave Studio</i> 2014	37
2.1.4.2.	Simulasi dan Menguji Antena Mikrostrip Menggunakan CST <i>Microwave Studio</i> 2014	42
2.1.5.	Fabrikasi Antena Mikrostrip	46
2.1.6.	Alat Ukur Antena <i>Spectrum Analyzer</i>	49
2.1.7.	Sistem Antena GPS.....	51
2.1.8.	Metode Penelitian <i>Research and Development</i> (R&D)	52
2.2.	Kerangka Berfikir	56
2.3.	Hipotesis Penelitian	59

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Tujuan Operasional Penelitian	61
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	61
3.3.	Metode Penelitian	61
3.3.1.	Menentukan Potensi dan Masalah	62
3.3.2.	Pengumpulan Data	63
3.3.2.1.	Menentukan Karakteristik Antena	63
3.3.2.2.	Menentukan Jenis <i>Substrat</i> dan <i>Patch</i>	64

3.3.2.3.	Menghitung Dimensi Elemen <i>Patch</i> Antena Segiempat	63
3.3.2.4.	Menentukan Lebar Saluran Pencatu	65
4.a.	Saluran Pencatu Mikrostrip 50 Ω	66
4.b.	Saluran Pencatu Mikrostrip 100 Ω	66
4.c.	Saluran Pencatu Mikrostrip 70,7 Ω	67
3.3.2.5.	Menentukan Ukuran Slot	69
3.3.3.	Desain Antena Mikrostrip	70
3.3.3.1.	Mendesain Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i>	70
3.3.3.2.	Mendesain Antena Mikrostrip <i>Array 2</i> Elemen	71
2.a.	Menentukan Jarak Antar Elemen	71
2.b.	Mendesain Antena <i>Array 2</i> Elemen dengan <i>T-Junction</i>	72
2.c.	Mendesain Antena <i>Array 2</i> Elemen dengan <i>T-Junction</i> dengan Metode <i>Proximity Copling</i>	73
3.3.4.	Validasi dan Simulasi Desain Menggunakan Perangkat Lunak CST Microwave Studio 2014	75
3.3.4.1.	Simulasi Hasil Desain Antena Mikrostrip Linier Array dengan Pencatutan Proximity Copling Frekuensi 1,575 GHz untuk Aplikasi GPS Sistem Quasi Zenith Sattelite	75
1.a.	1 D <i>Result</i>	75
1.b.	2 D <i>Result</i>	77
1.c.	3 D <i>Result</i> (Hasil Simulasi <i>Farfields</i> Antena)	77
3.3.5.	Uji Coba (Fabrikasi Antena Hasil Akhir Desain)	78
3.3.5.1.	Fabrikasi Antena	78
3.3.5.2.	Perbandingan Tampilan Desain dengan Fabrikasi Antena	82
3.3.6.	Uji Tahap Pemakaian (Pengukuran Antena)	84
3.3.6.1	Kalibrasi Alat Ukur	85
3.3.6.2	Pengukuran Antena Menggunakan <i>Spectrum</i> <i>Analyzer</i>	86
3.3.6.3	Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran	88

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Penelitian	91
4.1.1.	Hasil Dimensi Antena Mikrostrip	91
4.1.1.1.	Hasil Dimensi Elemen <i>Patch</i> dan <i>Substrat</i>	91
4.1.1.2.	Hasil Dimensi Saluran Impedansi Pencatu	91
4.1.2.	Hasil Desain dan Fabrikasi Antena Mikrostrip	94
4.1.2.1.	Hasil Desain <i>Single Patch</i> Antena	94
4.1.2.2.	Hasil Desain Antena <i>Array</i> 2 Elemen dengan <i>T-Junction</i>	95
4.1.2.3.	Hasil Desain Antena <i>Array</i> dengan Pencatuan <i>Proximity Copling</i>	97
4.1.2.4.	Hasil Fabrikasi Antena	98
4.1.2.5.	Perbedaan Hasil Desain dengan Hasil Fabrikasi Antena	98
4.1.3.	Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena	99
4.1.3.1.	1 D <i>Result</i>	99
4.1.3.2.	2 D <i>Result</i>	102
4.1.3.3.	3 D <i>Result</i>	102
4.1.3.4.	Hasil Pengukuran Antena	104
4.1.3.5.	Perbandingan Parameter Hasil Simulasi dan Pengukuran	106
4.2.	Analisis dan Pembahasan Hasil Antena	107
4.2.1.	Analisis Parameter antena	107

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan	113
5.2.	Saran	114

DAFTAR PUSTAKA	115
-----------------------------	------------

LAMPIRAN	117
-----------------------	------------

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Spesifikasi Antena GPS	31
Tabel 2.2. Frekuensi Kerja Satelit QZSS	35
Tabel 3.1. Spesifikasi Antena Mikrostrip Aplikasi GPS Sistem QZSS	63
Tabel 3.2. Spesifikasi Bahan <i>Substrat</i> dan Bahan <i>Patch</i>	64
Tabel 3.3. Dimensi <i>Patch</i> dan <i>Substrat</i> Hasil Perhitungan dan Iterasi	66
Tabel 3.4. Dimensi Impedansi Saluran Hasil Perhitungan dan Simulasi	70
Tabel 3.5. Hasil Desain Antena <i>Single Patch</i>	72
Tabel 3.6. Hasil Desain Antena <i>Array</i> 2 Elemen dengan Saluran <i>T-Junction</i>	73
Tabel 3.7. Desain Akhir Antena <i>Array</i> 2 Elemen dengan Saluran <i>T-Junction</i>	75
Tabel 3.8. Simulasi 1 D <i>Result</i>	76
Tabel 3.9. Hasil Nilai <i>Axial Ratio</i>	77
Tabel 3.10. Simulasi 3 D <i>Result</i>	78
Tabel 3.11. Nilai Parameter 3D <i>Result</i>	78
Tabel 3.12. Hasil Fabrikasi Antena	82
Tabel 3.13. Perbandingan Tampilan Antena Desain dan Fabrikasi	83
Tabel 3.14. Perbandingan Ukuran Antena Desain dan Fabrikasi	84
Tabel 3.15. Pengukuran Antena Mikrostrip Berdasarkan Frekuensi Kerja	87
Tabel 3.16. Pengukuran Antena Mikrostrip Berdasarkan <i>Bandwidth</i>	88
Tabel 3.17. Pengukuran Antena Mikrostrip Berdasarkan VSWR	88
Tabel 3.18. Pengukuran Antena Mikrostrip Berdasarkan <i>Return Loss</i>	88

Tabel 3.19. Data Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran	89
Tabel 3.20. Parameter Antena Berdasarkan Simulasi dan Pengukuran	90
Tabel 4.1. Hasil Perhitungan dan Iterasi Dimensi Antena	91
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Lebar dan Panjang Saluran Impedansi	94
Tabel 4.3. Hasil Desain <i>Single Patch</i> Antena	95
Tabel 4.4. Hasil Desain Antena <i>Array</i> 2 Elemen dengan <i>T-Junction</i>	96
Tabel 4.5. Hasil Desain Antena <i>Array</i> dengan Pencatuan <i>Proximity Coupling</i>	97
Tabel 4.6. Perbandingan Hasil Desain dengan Hasil Fabrikasi Antena	99
Tabel 4.7. Perbandingan Dimensi Hasil Desain dan Simulasi	100
Tabel 4.8. Hasil Simulasi 1D <i>Result</i>	101
Tabel 4.9. Hasil Nilai <i>Axial Ratio</i>	102
Tabel 4.10. Hasil Simulasi 3 D <i>Result</i>	103
Tabel 4.11. Hasil Nilai Simulasi 3 D <i>Result</i>	103
Tabel 4.12. Hasil Frekuensi Pengukuran Antena	104
Tabel 4.13. Hasil <i>Return Loss</i> Pengukuran Antena	105
Tabel 4.14. Hasil <i>Bandwidth</i> Pengukuran Antena	105
Tabel 4.15. Hasil VSWR Pengukuran Antena	106
Tabel 4.16. Data Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran	106
Tabel 4.17. Perbandingan Hasil Parameter Simulasi dan Pengukuran	108
Tabel 4.18. Perbandingan Error Hasil Parameter Simulasi dan Pengukuran	111

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Struktur Antena Mikrostrip	9
Gambar 2.2. Macam-Macam Bentuk <i>Patch</i> Antena Mikrostrip	11
Gambar 2.3. Bentuk Antena Mikrostrip Patch Segiempat	11
Gambar 2.4. Contoh <i>Substrat</i> Antena Mikrostrip dan Besar Konstanta Dielektriknya	12
Gambar 2.5. <i>Bandwidth</i>	15
Gambar 2.6. Polarisasi Melingkar	17
Gambar 2.7. Pola Radiasi Antena Mikrostrip	18
Gambar 2.8. Transformasi $\lambda/4$	21
Gambar 2.9. Antena Mikrostrip Segiempat <i>Single Patch</i>	22
Gambar 2.10. Antena susunan <i>array</i> 2 Elemen	23
Gambar 2.11. Antena Mikrostrip <i>Linear Array</i> 2 Elemen	25
Gambar 2.12. Pencatuan <i>Proximity Coupling</i>	26
Gambar 2.13. Rangkaian Ekuivalen Pencatu pada Tepi Patch	27
Gambar 2.14. Sistem kerja QZSS	32
Gambar 2.15. Fungsi GPS Sistem QZSS pada Alat komunikasi dan Kendaraan Bermotor	33
Gambar 2.16. Wilayah Satelit QZSS (1) dan Orbit Satelit QZSS (2)	34
Gambar 2.17. Bentuk Satelit QZSS	34
Gambar 2.18. Blok Diagram Desain Antena Mikrostrip Menggunakan CST 2014	37

Gambar 2.19. Pemilihan Area Aplikasi Antena	37
Gambar 2.20. Pemilihan <i>Workflows</i> Antena	38
Gambar 2.21. Pemilihan Jenis Antena	38
Gambar 2.22. <i>Time Domain</i>	39
Gambar 2.23. <i>Set Unit</i>	39
Gambar 2.24. <i>Set Frequency</i>	40
Gambar 2.25. <i>Define Structure</i>	41
Gambar 2.26. <i>Background Material</i>	41
Gambar 2.27. Tampilan Awal Desain Antena Mikrostrip	42
Gambar 2.28. Blok Diagram Simulasi Antena Mikrostrip Menggunakan CST 2014	43
Gambar 2.29. Tampilan <i>Field Monitor</i>	43
Gambar 2.30. Tampilan <i>Start Solver</i>	44
Gambar 2.31. Tampilan 1 D <i>Result</i>	45
Gambar 2.32. Tampilan 2 D <i>Result</i>	45
Gambar 2.33. Tampilan 3 D <i>Result</i>	45
Gambar 2.34. Tampilan Jendela Website Multi Karya	46
Gambar 2.35. Tampilan Login Untuk Pemesanan	47
Gambar 2.36. Tampilan menu	47
Gambar 2.37. Tampilan Menu Untuk Pemesanan	48
Gambar 2.38. Hasil Fabrikasi Antena Mikrostrip <i>Array</i> 2 Elemen	48
Gambar 2.39. <i>Anritsu</i> Tipe S332E	49
Gambar 2.40. Tampak Atas <i>Anritsu</i> Tipe S332E	50
Gambar 2.41. Tampilan Sebelum Kalibrasi	50

Gambar 2.42. Komponen Kalibrasi	51
Gambar 2.43. Kabel Konektor 50 Ω	51
Gambar 2.44. Letak Pemasangan Antena Mikrostrip pada Kendaraan	52
Gambar 2.45. Blok Diagram Metode Penetian R&D	53
Gambar 2.46. <i>Flowchart</i> Perancangan Antena Mikrostrip Aplikasi GPS Sistem QZSS	58
Gambar 2.47. <i>Flowchart</i> Pengukuran Antena Hasil Desain dan Fabrikasi	59
Gambar 3.1. Langkah-langkah Penelitian	62
Gambar 3.2. Bentuk (<i>T-Junction</i>) Impedansi 50 Ω , 70,7 Ω dan 100 Ω	69
Gambar 3.3. Perancangan Dimensi Slot	71
Gambar 3.4. Tampilan Jarak Antar Elemen <i>Array 2 Patch</i>	73
Gambar 3.5. Desain Pencatuan <i>Proximity Copling</i> Tampak Samping dan Atas	74
Gambar 3.6. Kotak perintah untuk merubah dalam bentuk visio	79
Gambar 3.7. Kotak penyimpanan file	79
Gambar 3.8. Halaman awal <i>Microsoft Office Visio 2007</i>	80
Gambar 3.9. Kotak pengubah ukuran skala yang akan digunakan	80
Gambar 3.10. Untuk merubah satuan yang digunakan pada desain	80
Gambar 3.11. Penentuan letak desain yang sesuai lembar kerja	81
Gambar 3.12. Penentuan bahan yang diperlukan	81
Gambar 3.13. Desain antena yang telah diberi warna	82
Gambar 3.14. Tampilan Awal <i>Spectrum Analyzer</i>	85
Gambar 3.15. Perintah Menghubungkan Bagian “ <i>Open</i> ”	85
Gambar 3.16. Perintah Menghubungkan Bagian “ <i>Short</i> ”	85

Gambar 3.17. Perintah Menghubungkan Bagian “ <i>Load</i> ”	86
Gambar 3.18. Batas Frekuensi Saat Pengukuran	86
Gambar 3.19. Perintah pada Pengukuran Antena	87
Gambar 4.1. Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 50 Ω .	92
Gambar 4.2. Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 70,7 Ω .	93
Gambar 4.3. Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 100 Ω .	93
Gambar 4.4. Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Antena	94
Gambar 4.5. Hasil Fabrikasi Antena	98
Gambar 4.6. Hasil sumbu X dan Y pada <i>E-field</i>	101
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran	109
Gambar 4.8. Grafik Perbandingan VSWR Hasil Simulasi dan Pengukuran	110

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. FOTO KEGIATAN PENELITIAN

LAMPIRAN 2. BIODATA DIRI

LAMPIRAN 3. DATASHEET ANTENA GPS

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini semakin canggih seiring zaman yang semakin modern. Terlebih lagi, komunikasi memiliki peranan sangat penting untuk kehidupan manusia. Dengan komunikasi orang dapat saling berbicara satu sama lain dan saling bertukar informasi. Dahulu, orang menggunakan metode tradisional dan alat-alat sederhana untuk bisa berkomunikasi. Misalnya dengan menggunakan asap, penampakan bintang-bintang dan menggunakan peta untuk menuju kesuatu tempat. Namun saat ini, berkomunikasi dapat dilakukan dengan mudah, cepat, dan tidak memerlukan biaya yang mahal. Salah satu perkembangan teknologi adalah ditemukannya sistem satelit navigasi. Dengan memanfaatkan teknologi satelit ini, seseorang dapat berbicara dengan orang lainnya tanpa harus dibatasi oleh jarak dan waktu, bahkan seseorang dapat bepergian tanpa harus membawa peta dengan ukuran yang besar. Terlebih lagi teknologi telekomunikasi satelit dapat memanfaatkan teknologi internet untuk lebih memudahkan dalam penggunaannya. Sebagai contoh adalah GPS.

Global Positioning System (GPS) adalah suatu sistem menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan bumi dan digunakan

untuk menentukan letak, kecepatan, arah dan waktu. Selain itu, GPS merupakan sebuah alat yang dapat digunakan untuk menginformasikan pengguna secara global di permukaan bumi dengan berbasiskan satelit navigasi. Data dikirim dari satelit berupa sinyal radio dengan data digital. Dengan sistem ini akan mempermudah setiap orang untuk mengetahui posisi secara *real time* dan arah jalan yang dituju dengan cepat. Namun saat ini, sistem GPS memiliki beberapa kendala dalam kerjanya. Bangunan bergedung tinggi dan daerah pegunungan yang dikelilingi hutan membuat sistem GPS mengalami hambatan dalam mendapatkan sinyal dari satelit. Oleh sebab itu, Jepang membuat sebuah sistem satelit navigasi yang difokuskan untuk mengatasi masalah terhalangnya atau tidak diterimanya sinyal yang berasal dari satelit di luar angkasa ke permukaan bumi karena terhalang gedung tinggi atau mencapai daerah pegunungan, sistem satelit itu dinamakan QZSS atau (*Quasi Zenith Satellite System*).

QZSS atau (*Quasi Zenith Satellite System*) merupakan sebuah konstelasi sedikitnya 3 buah satelit dimana salah satunya berada dekat dengan negara Jepang (Nugroho, 2012: 1). Tidak seperti satelit geostasioner biasa *quasi-zenith satellite* dapat mengirim sinyal tanpa terhalang oleh gedung yang tinggi atau gunung, karena keuntungan inilah maka sistem QZSS sesuai dan handal untuk aplikasi GPS. Dalam dunia telekomunikasi yang mengandalkan satelit memerlukan alat yang mampu mengirimkan dan menerima sinyal yang dikirimkan oleh satelit untuk sampai ke permukaan bumi. Alat atau benda yang menjadi penerima atau pengirim sinyal ini dinamakan antena. Antena mampu mentransformasikan informasi dengan bebas. Informasi tersebut merambat pada konduktor dan merubahnya menjadi gelombang elektromagnetik. Fungsi antena adalah sebagai penerima dan

memberi radiasi sebuah sinyal, frekuensi, gelombang yang kemudian dinetralisir kedalam suatu rangkaian elektronika. Antena menjadi hal yang sangat familiar di zaman sekarang, berbagai macam antena telah dibuat dan digunakan untuk kepentingan komunikasi. Salah satu dari antena yang berkembang saat ini adalah antena Mikrostrip.

Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang dipakai dalam berbagai aplikasi gelombang mikro baik dalam bidang akademis, industri maupun penelitian. Antena mikrostrip memiliki beberapa kelebihan yaitu proses pembentukannya yang sederhana, murah, efisien, bentuk yang tipis dan kecil, memiliki bobot yang ringan, membangkitkan polarisasi linier dan polarisasi melingkar hanya dengan pencatuan sederhana. Antena Mikrostrip dapat dibuat dengan berbagai macam ukuran, bentuk, dan metode yang berbeda dengan tetap menyesuaikan dengan parameter yang dibutuhkan pada frekuensi kerjanya. Salah satu bentuk yang paling sederhana adalah bentuk *rectangular* atau segiempat. Selain sederhana, pembuatan antena mikrostrip dengan bentuk segiempat mudah dalam perhitungannya dan analisis parameternya. Namun, antena mikrostrip juga memiliki kelemahan pada sisi gain yang rendah, *bandwidth* yang sempit, efisiensi rendah, munculnya gelombang permukaan dan kemampuan melewati daya yang kecil. Kelemahan dari antena mikrostrip ini dapat diatasi dengan teknik pembuatannya menggunakan teknik *array* dan pencatuan *electromagnetic coupling* (pencatuan tidak langsung) secara *proximity coupling*. Dalam komunikasi satelit dibutuhkan polarisasi melingkar. Polarisasi ini dibutuhkan karena antara satelit dan antena di bumi tidak memiliki keadaan yang selalu tetap. Dalam pembuatannya, untuk menghasilkan polarisasi melingkar dibutuhkan teknik

diantaranya dengan memberikan gangguan pada peradiasinya dengan menambahkan slot, stub atau pemotongan patch.

Para peneliti banyak melakukan penelitian mengenai antena mikrostrip untuk aplikasi GPS pada sistem QZSS dengan berbagai macam cara. Tujuannya yaitu meningkatkan dan memaksimalkan kinerja GPS sebagai navigasi tanpa terhalang oleh gedung tinggi atau daerah pegunungan. Untuk itu, Antena mikrostrip segiempat yang disusun dengan konfigurasi yang tepat mampu merefleksikan frekuensi 1,575 GHz dengan parameter pada komunikasi GPS dengan sistem Satelit QZSS.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan maka identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan satelit navigasi pada perkembangan teknologi di bidang telekomunikasi?
2. Bagaimana penerapan QZSS (*Quasi Zenith Satellitte System*) pada aplikasi GPS?
3. Bagaimana parameter antena mikrostrip yang dapat digunakan untuk aplikasi GPS pada sistem QZSS?
4. Bagaimana membuat desain dan simulasi antena mikrostrip segiempat *linier array* dengan teknik pencatutan *proximity coupling* menggunakan perangkat lunak *CST Microwave Studio 2014*?

5. Bagaimana mengukur parameter antenna mikrostrip menggunakan alat ukur *Spectrum Analyzer*?
6. Apakah hasil simulasi dan pengukuran antenna mikrostrip segiempat *linier array* dengan metode slot dan teknik pencatuan *proximity coupling* sesuai dengan parameter yang diinginkan?

1.3. Pembatasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah mendesain, mensimulasikan, dan mengukur antenna mikrostrip segiempat *linier array* dengan pencatuan *proximity coupling* pada frekuensi 1,575 GHz. Parameter yang diujikan secara simulasi adalah gain, axial ratio, dan pola radiasi antenna. Sedangkan parameter yang diujikan secara simulasi dan pengukuran diantaranya nilai frekuensi tengah antenna, *Bandwidth*, *Return Loss* dan VSWR. Dalam proses fabrikasi antenna mikrostrip menggunakan jasa pihak ketiga yaitu Multi Karya yang berlokasi di Bandung.

1.4. Perumusan Masalah

Bagaimana mendesain, membuat, dan mengukur parameter antenna mikrostrip segiempat *linier array* dengan pencatuan *proximity coupling* pada frekuensi 1,575 GHz untuk aplikasi GPS sistem *Quasi Zenith Satellite* dengan kriteria uji parameter secara simulasi dan pengukuran yaitu frekuensi tengah 1,575 GHz, *bandwidth* minimal 10 Mhz, gain minimal 4 dB, axial ratio maksimal 3 dB, polarisasi antenna, *return loss* minimal 10 dB dan VSWR maksimal 2 dengan menggunakan perangkat lunak *CST Microwave Studio 2014* dan alat ukur *Spectrum Analyzer*?

1.5. Tujuan Penelitian

Mampu mendesain, membuat, dan mengukur parameter antenna mikrostrip segiempat *linier array* dengan teknik pencatutan *proximity coupling* parameter yang diujikan yaitu frekuensi tengah 1,575 GHz, *bandwidth* minimal 10 MHz, Gain minimal 4 dB, axial ratio maksimal 2, polarisasi melingkar, *return loss* minimal 10 dB dan VSWR maksimal 2 sehingga sesuai dengan antenna GPS untuk *Quasi Zenith Satellite*.

1.6. Kegunaan Penelitian

Kegunaan pada penelitian ini adalah untuk mengembangkan pengetahuan teknologi dan informasi khususnya pada aplikasi antenna mikrostrip untuk komunikasi GPS pada sistem QZSS dengan menggunakan metode yang sesuai sehingga menghasilkan parameter yang diinginkan. Kemudian dapat kembali dikembangkan menjadi sistem yang dapat dipakai dalam kemajuan teknologi komunikasi *wireless*.

BAB II

KERANGKA TEORITIK, KERANGKA BERFIKIR, DAN HIPOTESIS PENELITIAN

2.1. Kerangka Teoritik

2.1.1. Rancang Bangun

Rancang Bangun (desain) adalah tahap setelah analisis dari siklus pengembangan sistem yang merupakan pendefinisian dari kebutuhan fungsional, serta menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk yang dapat berupa penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi, termasuk menyangkut mengkonfigurasi dari komponen-komponen perangkat keras dan perangkat lunak dari suatu sistem (Jogiyanto, 2005: 197). Dalam penelitian ini objek yang dibuat adalah antena mikrostrip. Rancang bangun meliputi desain dan simulasi antena menggunakan software dan pengukuran parameter antena menggunakan alat ukur antena.

2.1.2. Antena Mikrostrip

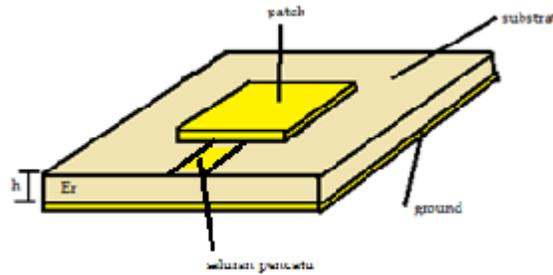
Antena adalah kawat atau seperangkat sistem kawat untuk memancarkan atau menangkap syarat gelombang radio atau televisi (Departemen Pendidikan Nasional, 2008, 78). Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk bisa memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetika. Antena

sebagai alat pemancar (*transmitting antenna*) adalah sebuah *transduser* (pengubah) elektromagnetis, yang digunakan untuk mengubah gelombang tertuntun di dalam saluran transmisi kabel, menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas, dan sebagai alat penerima (*receiving antenna*) mengubah gelombang ruang bebas menjadi gelombang tertuntun (Alaydrus, 2011: 1). Oleh karena itu antena memiliki peranan yang sangat penting untuk setiap sistem telekomunikasi *wireless*.

Antena memiliki berbagai macam jenis tergantung fungsi dan bentuknya. Misalnya, antena dipol, antena horn, antena mikrostrip dan lain sebagainya. Salah satu antena yang populer dan banyak dikembangkan oleh banyak peneliti adalah antena mikrostrip.

Antena mikrostrip pertama kali diusulkan oleh Deschamps pada awal tahun 1950 dan baru dibuat pada sekitar tahun 1970 oleh Munson dan Howell, dan merupakan salah satu antena gelombang mikro yang digunakan sebagai radiator pada sejumlah sistem telekomunikasi modern seperti : *Personal Communication System* (PCS), *Mobile Satellite Communication*, *Direct Broadcast Television* (DBS), *Radio Detection And Ranging* (RADAR) dan *Global Positioning System* (GPS) (Surjati, 2010: 2).

Antena mikrostrip merupakan jenis antena yang dikembangkan dari struktur pemandu gelombang mikrostrip (*microstrip line*). Pemandu gelombang mikrostrip merupakan jalur-jalur pada sebuah substrat yang terbuat dari material dielektrika seperti pada *Printed Circuit Board* (PCB) (Sandi, 2012: 44). Antena ini tersusun atas 4 bagian utama yaitu elemen peradiasi atau *patch*, saluran transmisi, dan bidang pertahanan (*ground*) yang dicetak pada satu atau lebih dielektrik *substrat* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur Antena Mikrostrip

Elemen *substrat* berfungsi sebagai bahan dielektrik dari antenna yang menjadi tempat melekatnya *patch* dan *ground*. Elemen *substrat* terbuat dari bahan yang berbeda-beda dengan karakteristik konstanta (ϵ_r) dan ketebalan substrat (h). Kedua karakteristik ini mempengaruhi nilai frekuensi kerja, *bandwidth*, dan efisiensi antenna yang dibuat. Semakin tebal *substrat* maka akan meningkatkan nilai *bandwidth*, namun berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan yang dapat mengurangi sebagian besar daya yang digunakan.

Elemen peradiasi (*radiator*) atau biasa disebut sebagai *patch*, berfungsi untuk meradiasi gelombang elektromagnetik dan terbuat dari lapisan logam (metal) yang memiliki ketebalan tertentu. Berdasarkan bentuknya, *patch* memiliki jenis yang bermacam-macam diantaranya bujur sangkar (*square*), segiempat (*rectangular*), garis tipis (*dipole*), lingkaran, elips, segitiga, dan lainnya (Constantie A Balanis, 1997: 813).

Saluran transmisi mikrostrip merupakan bagian penting dari antenna. Pemilihan saluran pencatu dengan saluran mikrostrip adalah karena kemudahan dalam hal fabrikasi dan penentuan *matching* dari saluran mikrostrip dapat dengan mudah dilakukan. Saluran mikrostrip dapat mempengaruhi *matching* pada antenna mikrostrip.

Sedangkan elemen pertanahan (*ground*) memiliki fungsi sebagai pembumian dari sistem antena mikrostrip. Elemen tersebut umumnya memiliki jenis bahan yang sama dengan bahan peradiasi.

Antena Mikrostrip memiliki beberapa kelebihan dibanding jenis antena lainnya antara lain :

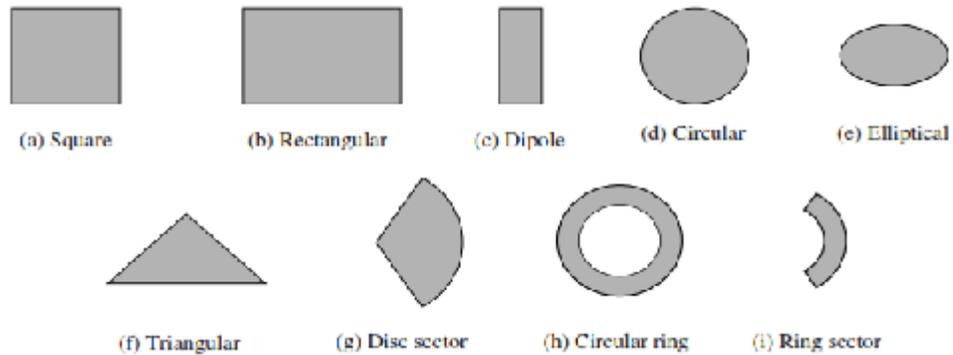
- 1) *Low profile* (mempunyai ukuran yang kecil dan ringan)
- 2) Mudah difabrikasi dan tidak memakan biaya yang besar
- 3) Dapat berdiri dengan kuat ketika diletakkan pada benda yang rigid
- 4) Polarisasi linier dan sirkular mudah didapat
- 5) Dapat digunakan untuk aplikasi dual polarisasi, dual-frekuensi maupun tripel frekuensi band.

Namun, selain memiliki kelebihan, antena mikrostrip juga memiliki kekurangan yaitu gain yang relatif kecil untuk satu patch antena, bandwidth yang sempit dan hanya bisa memancarkan sinyal dengan daya yang relatif kecil, maksimal 100 watt (Alaydrus, 2011: 188). Oleh karena itu perlu teknik tertentu dan perancangan sedemikian rupa sehingga antena mikrostrip dapat sesuai dengan parameter antena yang diinginkan.

2.1.2.1. Bentuk Antena Mikrostrip

Bentuk Antena mikrostrip dapat dibuat beragam bentuk dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Bentuk *patch* yang akan dibuat juga mempengaruhi kerja dari antena itu sendiri. Berdasarkan bentuknya *patch* antena mikrostrip memiliki jenis yang bermacam-macam diantaranya : bujur sangkar (*square*),

segiempat (*rectangular*), garis tipis (*dipole*), lingkaran, elips, segitiga, dapat dilihat pada gambar 2.2 (Constantie A Balanis, 1997: 813).

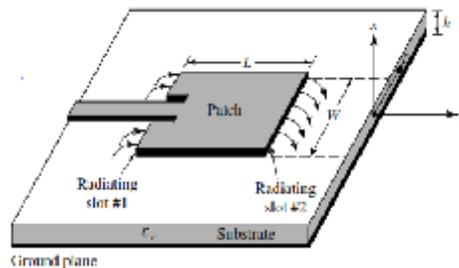


Gambar 2.2. Macam-Macam Bentuk *Patch* Antena Mikrostrip

Bentuk *patch* antena yang digunakan dalam skripsi ini adalah bentuk segiempat. Bentuk antena mikrostrip segiempat adalah bentuk antena yang paling banyak digunakan. Karena antena jenis segiempat sangat mudah untuk dianalisis. (Surjati, 2010: 49).

1.a. Antena Mikrostrip *Rectangular* (Segiempat)

Antena mikrostrip *patch* segiempat memiliki parameter ukuran lebar *patch* (W) dan panjang *patch* (L) serta memiliki ketebalan *substrat* (h) dan konstanta dielektrik *substrat* (ϵ_r). Bentuk dari antena mikrostrip bentuk segiempat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Bentuk Antena Mikrostrip Patch Segiempat

Untuk mendapatkan besar lebar dan panjang *patch* berbentuk segiempat, frekuensi bisa digunakan sebagai parameter dalam perhitungannya yang dituliskan pada persamaan 2.1 sampai 2.5. Untuk menghitung lebar *patch* dapat menggunakan persamaan 2.1 (Alaydrus, 2011: 194) .

$$W_p = \frac{C}{f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

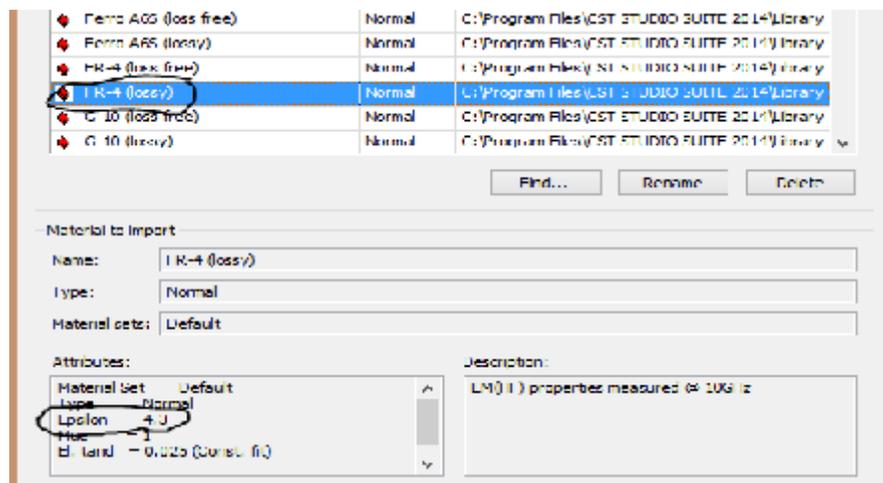
W_p = Lebar Peradiasi

C = Kecepatan cahaya = 3×10^8 m/s

f_r = Frekuensi kerja antenna

ϵ_r = Konstanta dielektrik

Besar konstanta dielektrik bergantung pada jenis substrat yang digunakan. Contoh dari konstanta dielektrik pada bahan substrat antenna mikrostrip ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Contoh Substrat Antena Mikrostrip dan Besar Konstanta Dielektriknya.

Untuk mendapatkan panjang elemen peradiasi, terlebih dahulu dihitung nilai konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}), menggunakan persamaan 2.2.

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

Dengan h merupakan ketebalan substrat dan W_p adalah lebar *patch*, kemudian mencari efek medan tepi pada elemen peradiasi L yang ditunjukkan pada persamaan 2.3.

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

Kemudian mencari panjang elemen peradiasi efektif yang dapat dicari dengan persamaan 2.4.

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

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

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

Dilihat dari persamaan 2.1 sampai dengan 2.5, ukuran panjang dan lebar *patch* bisa didapatkan. Ukuran ini yang akan digunakan pada proses desain antena. Selanjutnya untuk menentukan dimensi panjang dan lebar *substrat* adalah dengan menambahkan 20 atau mengkali duakan dimensi *patch*.

2.1.2.2. Parameter Antena Mikrostrip

Kegunaan Antena mikrostrip pada setiap aplikasi sistem telekomunikasi wireless berbeda-beda. Setiap aplikasi menuntut suatu karakteristik dan parameter tertentu dari antena yang akan digunakan. Karakteristik dan parameter ini ditentukan didapatkan pada proses perencanaan dan perancangan antena tersebut. Selain itu karakteristik dan parameter pada antena bisa digunakan sebagai nilai besaran yang menjadi penentu apakah antena cocok dipakai pada aplikasi yang diinginkan. Untuk mengetahui spesifikasi standar dari antena yang dirancang, terdapat beberapa parameter yang harus dimiliki oleh antena mikrostrip dan sering digunakan dalam simulasi ataupun pengukuran. Beberapa parameter antena yang dibutuhkan dalam skripsi ini adalah :

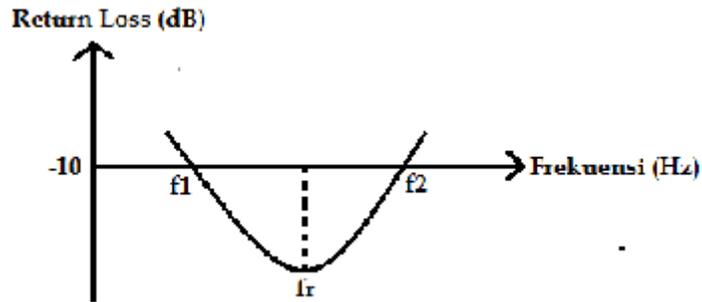
2.a. Frekuensi Kerja

Frekuensi resonansi merupakan frekuensi kerja dari suatu antena. Rentang frekuensi kerja dari suatu antena dapat dilihat dari grafik *Voltage Wave Ratio* (VSWR) dan grafik *Return Loss* (Surjati, 2010: 15). Jadi setiap antena memiliki jangkauan frekuensinya sendiri untuk bisa digunakan dalam aplikasinya.

2.b. Bandwidth

Bandwith sebuah antena didefinisikan sebagai interval frekuensi, didalamnya antena bekerja sesuai dengan yang ditetapkan oleh spesifikasi yang diberikan. Spesifikasi ini meliputi : diagram radiasi, tinggi dari *side lobe*, gain, polarisasi, impedansi masukan, dan spesifikasi lainnya. Nilai *Bandwith* dapat

diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antenna sudah diketahui. Seperti yang terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Bandwidth

Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antenna, sedangkan frekuensi atas adalah nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antenna. Biasanya nilai tengah *bandwidth* merupakan frekuensi resonansi antenna atau frekuensi kerja antenna. Rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai *bandwidth* dapat dilihat pada persamaan 2.6.

$$BW = f_2 - f_1 \dots\dots\dots (2.6)$$

keterangan :

BW : *Bandwidth*

f_1 : Frekuensi bawah

f_2 : Frekuensi atas

f_r : Frekuensi tengah

Pada antenna mikrostrip, terdapat tiga macam *bandwidth* yang digunakan pada perancangan dan pengukuran, yaitu *Impedance Bandwidth*, *Pattern Bandwidth*, *Polarization* atau *Axial Ratio Bandwidth*. Pada skripsi ini digunakan *Impedance Bandwidth*. *Impedance Bandwidth* adalah Kondisi ini terjadi saat

elemen peradiasi dengan saluran pencatu antenna berada dalam keadaan *matching*. Parameter untuk mengetahui keadaan tersebut adalah nilai *return loss* saat -10 dB, dan VSWR kurang dari atau sama dengan 2.

2.c. Gain

Gain adalah perbandingan antara intensitas radiasi suatu antenna pada suatu arah utama dengan intensitas radiasi dari antenna isotropic yang menggunakan sumber daya masukan yang sama. Ada 2 jenis parameter gain, yaitu *absolut gain* dan *relative gain*. *Absolut gain* pada sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik.

Sedangkan *relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensi juga.

2.d. Axial Ratio

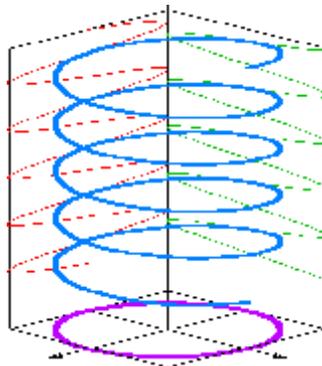
Axial ratio merupakan perbandingan sumbu mayor terhadap sumbu minor dalam suatu bentuk polarisasi. Nilai *axial ratio* yang baik adalah lebih kecil sama dengan 3 dB. Nilai 3 dB merupakan beda atau selisih antara medan E dan medan H dari gelombang yang dipancarkan antenna. Ini berarti pada nilai tersebut antenna memiliki polarisasi melingkar.

2.e. Polarisasi

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnetik yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan yang diterima oleh antenna pada

suatu arah tertentu. Polarisasi pada antenna menginformasikan kearah mana medan listrik memiliki orientasi dalam perambatannya. Selain itu, polarisasi antenna adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antenna. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah gain maksimum. Polarisasi yang terdapat pada antenna mikrostrip diklasifikasikan menjadi 3 macam yaitu, polarisasi *linier*, polarisasi *circular* atau melingkar dan polarisasi *elips*. Pada skripsi ini parameter polarisasi yang dibutuhkan adalah polarisasi melingkar. Polarisasi melingkar seperti ditunjukkan oleh gambar 2.6 terjadi jika suatu gelombang yang berubah pada titik tertentu dimana gelombang tersebut selalu berorientasi pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu, atau dengan kata lain polarisasi lingkaran ialah suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang yang memiliki vektor medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran pada setiap waktu. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mencapai jenis polarisasi ini adalah :

- a. Medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier.
- b. Kedua komponen tersebut harus mempunyai magnitudo yang sama.
- c. Kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil 90° .



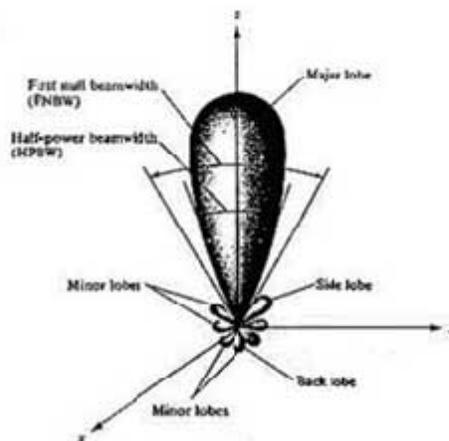
Gambar 2.6 Polarisasi Melingkar

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 $-\pi/2$.

Untuk menghasilkan polarisasi melingkar pada suatu antena mikrostrip dapat diberikan sedikit gangguan antara lain pemberian slot, stub, atau memotong sedikit desain dari patch. Hal ini dimaksudkan untuk membangkitkan arus yang berbeda fasa sebesar 90° , sehingga didapatkan polarisasi melingkar tersebut.

2.f. 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 2.7.



Gambar 2.7. Pola Radiasi Antena Mikrostrip

Ada beberapa macam pola radiasi diantaranya adalah:

- 1) Pola Isotropik. Antena isotropik didefinisikan sebagai sebuah antena tanpa rugi-rugi secara hipotesis yang mempunyai radiasi sama besar ke setiap arah

- 2) Pola Direksional. Antena yang mempunyai pola radiasi atau pola menerima gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada arah-arah tertentu saja. Salah satu contoh antena direksional adalah dengan pola omnidireksional.
- 3) Pola radiasi lobe (cuping). Bagian-bagian dari pola radiasi ditunjukkan sebagai cuping-cuping yang bisa diklasifikasikan menjadi *main* (utama), *side* (samping) dan *back* (belakang). *Main lobe* adalah lobe/cuping radiasi yang memiliki arah radiasi maksimum. *Side lobe* adalah lobe/cuping selain *main lobe* sedangkan *back lobe* adalah lobe yang arahnya berlawanan 180° dengan *main lobe*. *Side lobe* dan *back lobe* merupakan *minor lobe* yang keberadaannya tidak diharapkan.

2.g. Return Loss

Return loss adalah nilai perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena), sehingga tidak semua daya diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan kembali. Perbandingan antara gelombang yang dipantulkan dengan yang diterima disebut faktor refleksi tegangan (). Faktor refleksi dapat ditentukan dengan persamaan 2.7.

$$\frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

Γ : koefisien refleksi tegangan

V_o^- : tegangan yang dipantulkan

V_o^+ : tegangan yang dikirimkan

Z_L : impedansi beban

Z_0 : impedansi saluran *lossless*

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

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

Nilai *return loss* yang baik adalah dibawah -9.54 dB, sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain saluran transmisi sudah dalam keadaan *matching*. Dengan demikian frekuensi kerja dari antena yang baik adalah ketika nilai *return loss*-nya lebih kecil dari -9.54 dB.

2.h. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dan minimum ($|V|_{\min}$). Rumus yang digunakan untuk mencari nilai VSWR atau S ditunjukkan pada persamaan 2.8.

$$S = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots (2.8)$$

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

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

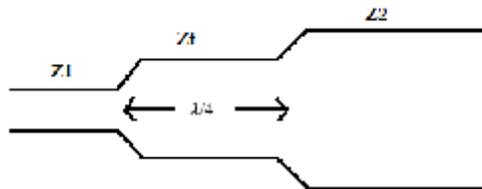
$\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan matched sempurna.

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

Kondisi paling baik adalah ketika VSWR bernilai ($S=1$) atau ($S=2$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan matching sempurna. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan.

2.i. 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 50Ω . Z_L merupakan impedansi beban. Dibutuhkan suatu cara untuk mendapatkan kondisi yang *matching* yaitu dengan cara menambahkan transformasi $\lambda/4$ yang ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. 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 2.7. Rumus untuk mencari dimensi panjang dari impedansi Z_T ditunjukkan pada persamaan 2.8.

$$Z_T = \sqrt{Z_1 \times Z_2} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$l = \frac{1}{4} \lambda_g \dots\dots\dots (2.8)$$

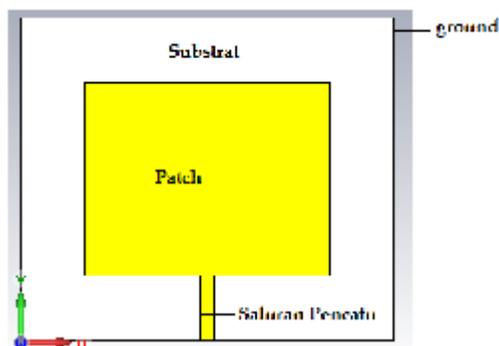
Dimana λ_g adalah panjang gelombang pada bahan dielektrik yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan (2.9).

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.1.2.3. Jenis Antena Mikrostrip

3.a. *Single Patch*

Pada umumnya antena *single patch* mikrostrip memiliki pola radiasi yang sangat lebar, dan menghasilkan keterarahan dan perolehan *gain* yang kurang maksimal. Bentuk dari antena mikrostrip segiempat *single patch* ditunjukkan pada gambar 2.9.



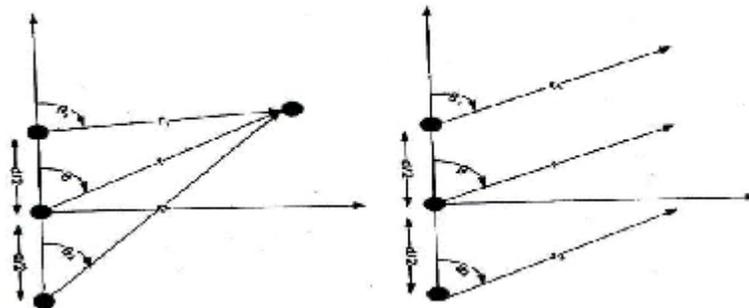
Gambar 2.9. Antena Mikrostrip Segiempat *Single Patch*.

Untuk memenuhi kebutuhan karakteristik aplikasi penggunaan antenna yang sesuai dan mengatasi kekurangan dari *single patch*, maka antena mikrostrip

disusun dengan beberapa konfigurasi. Susunan antena sering disebut sebagai antena *array*.

3.b. Linier Array 2 Elemen

Perancangan single patch memiliki keterarahan dan perolehan gain yang kurang baik. Pada banyak aplikasi memerlukan keterarahan dan gain yang tinggi seperti untuk aplikasi penginderaan jauh, komunikasi satelit dan banyak lagi. Kebutuhan karakteristik seperti ini dapat diatasi dengan sebuah konfigurasi desain yang sering disebut sebagai antena *array*. Antena *array* adalah susunan dari beberapa elemen antena 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 antena *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. Antena susunan *array* dapat dimisalkan sebagai susunan dari dipole horisontal yang sangat kecil, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10.

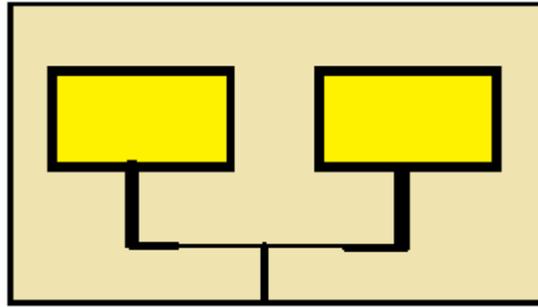


Gambar 2.10. Antena susunan *array* 2 Elemen

Dari gambar 2.10 terlihat medan total (E_1) yang diradiasikan oleh susunan antena *array* 2 elemen. Selain itu, dalam memperoleh besar medan total yang diradiasikan oleh antena susunan *linier array* bergantung pada lima parameter yang bisa digunakan untuk mengontrol diagram radiasi dari array yaitu:

- 1) Konfigurasi geometris array
 - a. linier : antena disusun pada suatu garis tertentu
 - b. circular : disusun di atas suatu lingkaran
 - c. planar : tersusun pada suatu bidang dua dimensi
 - d. secara tiga dimensi di ruang
- 2) Jarak dari satu elemen antena ke elemen yang lain
- 3) Amplitudo arus atau tegangan yang dipasangkan pada feeding elemen antena
- 4) Phase arus atau tegangan pada feeding
- 5) Diagram radiasi dari masing-masing elemen

Dalam skripsi ini digunakan model linear *array* 2 elemen peradiasi (*patch*). Linear array memiliki kelebihan dalam perhitungan yang tidak terlalu rumit. Pada antena Array terdapat array vektor yang merupakan vektor pengali dari medan elektrik dari elemen tunggal. Array vektor inilah yang menentukan bagaimana pola radiasi dan seberapa besar tingkat daya yang diradiasikan oleh antena tersebut. Antena linear *array* 2 elemen dapat dilihat dari gambar 2.11.



Gambar 2.11. Antena Mikrostrip *Linear Array* 2 Elemen

3.c. Metode Slot

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, 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° . Pada skripsi ini, metode yang digunakan adalah pemberian *slot* pada bahan peradiasi antenna (*patch*). Dimensi dari slot dapat disesuaikan dengan dimensi *patch* dan didapat dari hasil iterasi.

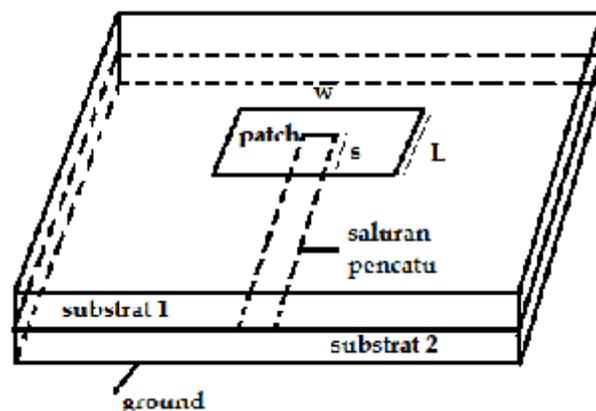
2.1.2.4. Pencatuan Antena Mikrostrip *Electromagnetik Coupling*

Pada dasarnya saluran pencatu untuk antenna mikrostrip dapat dibagi menjadi dua, yaitu pencatuan secara langsung (*direct coupling*) dan pencatuan secara tidak langsung (*electromagnetic coupling*). Teknik pencatuan mempengaruhi impedansi input dan karakteristik antenna. Teknik pencatuan secara tidak langsung (*electromagnetic coupling*) tidak ada kontak langsung antara saluran transmisi dengan elemen peradiasinya. Kelebihan pada pencatuan ini adalah dapat membuat lebar bandwidth semakin besar daripada menggunakan pencatuan

langsung. Ada dua teknik pengkopelan yang biasanya digunakan pada pencatuan tidak langsung (*electromagnetic coupling*) yaitu, *proximity coupling* dan *aperture coupling*. Dalam skripsi ini, teknik pencatuan yang digunakan adalah teknik pencatuan tidak langsung dengan menggunakan metode pengkopelan *proximity coupling*.

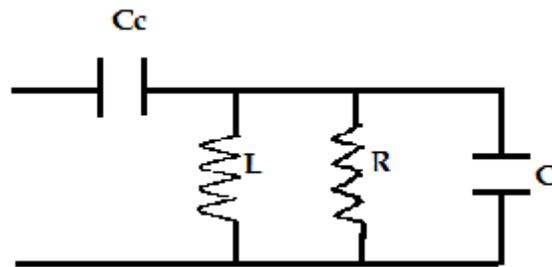
4.a. *Proximity Coupling*

Pada pengkopelan secara *proximity coupling*, konfigurasi teknik ini menggunakan dua lapisan substrat. Pada *substrat* lapisan pertama terdapat *patch* peradiasi dari antenna tanpa adanya *ground*. Sedangkan pada *substrat* pada lapisan kedua adalah terdapat saluran pencatu yang diletakan di tengah-tengah dari lebar *patch* dengan jarak (s) dari tepi *patch* dan *ground* pada sisi bawahnya, sehingga elemen pencatu dan *patch* akan terkopling secara elektromagnetik. Pengkopelan ini akan membuat saluran terletak lebih rendah dari posisi *patch* atau lebih tepatnya berada di bawah *patch*, mekanisme penggandengan yang akan timbul menjadi sangat besar. Konfigurasi dari teknik pencatuan *proximity coupling* terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Pencatuan *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 2.13.



Gambar 2.13. Rangkaian Ekuivalen Pencatu pada Tepi Patch

Rangkaian yang ditunjukkan pada gambar 2.13, 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.

2.1.2.5. Saluran Miksrostrip

Dalam membuat saluran pencatu pada antenna mikrostrip array diperlukan ukuran lebar saluran pencatunya. Lebar saluran mikrostrip (w) terganntung pada impedansi karateristik (Z_0) yang diinginkan. Rumus umtuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan pada persamaan 2.10 dan 2.11.

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$w = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana nilai (h) adalah tebal dari substrat, (ϵ_r) adalah konstanta dielektrik bahan substrat dan (Z_0) adalah impedansi karakteristik yang diinginkan. Dalam skripsi ini, digunakan tiga buah impedansi karakteristik yaitu 50 Ω , 100 Ω dan 70,7.

2.1.2.6. Karakteristik saluran mikrostrip

Dalam saluran mikrostrip terdapat dua karakteristik yang biasa digunakan pada perancangan. Kedua karakteristik ini bergantung pada nilai perbandingan lebar saluran dan tebal dari substrat yang digunakan.

1) Karakteristik saluran mikrostrip (*Microstrip Line*) untuk $W/h < 1$

Konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff})

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} + 0.04 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (2.12)$$

Dan karakteristik impedansi

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left(\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

ϵ_{eff} = Konstanta dielektrik efektif

ϵ_r = konstanta dielektrik relative

W = lebar saluran mikrostrip

Z_0 = impedansi karakteristik

2) Karakteristik saluran mikrostrip (*Microstrip Line*) untuk $W/h > 1$

Konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff})

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right] \dots\dots\dots(2.14)$$

Dan karakteristik impedansi

$$Z_0 = \frac{120\pi / \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}}{\left(\frac{W}{h} + 1.393 + \frac{2}{3} \ln \left(\frac{W}{h} + 1.44 \right) \right)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan memasukan ketebalan substrat dan lebar saluran catu antena yang dirancang maka akan dapat diketahui impedansi masukan pada saluran transmisi. Kedua parameter ini faktor utama dalam penentuan matching dari saluran transmisi ke saluran catu antena.

2.1.3. Aplikasi GPS Sistem *Quasi Senith Satellite* pada Frekuensi 1,575 GHz

2.1.3.1. Satelit Navigasi

Satelit navigasi adalah satelit yang menggunakan sinyal radio yang disalurkan ke penerima di permukaan tanah untuk menentukan lokasi sebuah titik dipermukaan bumi. Salah satu satelit navigasi yang sangat populer adalah GPS milik Amerika Serikat selain itu ada juga Glonass milik Rusia. Bila pandangan antara satelit dan penerima di tanah tidak ada gangguan, maka dengan sebuah alat penerima sinyal satelit (penerima GPS), bisa diperoleh data posisi di suatu tempat

dengan ketelitian beberapa meter dalam waktu nyata. Satelit navigasi mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi tentang posisi lokasi geografis dan sinkronisasi waktu dalam penggunaan sinyal *real time* dari satelit navigasi mengorbit. Posisi yang ditentukan terdiri dari empat dimensi yaitu garis bujur, garis lintang, ketinggian dan waktu. Fungsi satelit navigasi adalah mengirim sinyal ke penerima yang dipasang di alat-alat seperti pesawat, kapal laut, kendaraan bermotor, atau alat komunikasi untuk menentukan posisi mereka. Dalam teknologi satelit ada dua kemungkinan pertama menggunakan LEO (Low Earth Orbit Satellites) dan ke dua dengan GEO (Geosynchronous Orbit Satellites). Dalam skripsi ini satelit yang digunakan dalam orbit Geostasioner. Berdasarkan wikipedia, Orbit Geostasioner adalah orbit geosinkron yang berada tepat di atas ekuator Bumi (lintang 0°), dengan eksentrisitas orbital sama dengan nol. Dari permukaan Bumi, objek yang berada di orbit geostasioner akan tampak diam (tidak bergerak) di angkasa karena periode orbit objek tersebut mengelilingi Bumi sama dengan periode rotasi Bumi.

2.1.3.2. *Global Positioning System (GPS)*

GPS (*Global Positioning Service*) merupakan teknologi yang mendukung untuk akses komunikasi data secara bergerak melalui satelit. GPS adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke Bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. Sistem yang serupa dengan GPS antara lain GLONASS Rusia, Galileo

Uni Eropa, IRNSS India. *Global Positioning System* (GPS) adalah suatu sistem navigasi yang memanfaatkan satelit. Penerima penampakan antara 4 sampai 8 buah satelit. Pada perkembangannya GPS digunakan pada tahun 1973 oleh angkatan laut Amerika Serikat yang mengembangkan sistem satelit navigasi pertama kali yang disebut *Defence Navigation Satellite System* (DNSS) yang mendukung operasi kapal selam sampai keperluan ilmiah. Program DNSS dialihfungsikan oleh Navstar/GPS yang diluncurkan tahun 1978 yang terdiri dari 24 satelit pada 6 bidang orbit digunakan untuk penentuan waktu di bumi secara akurat (Bakara, 2011: 38).

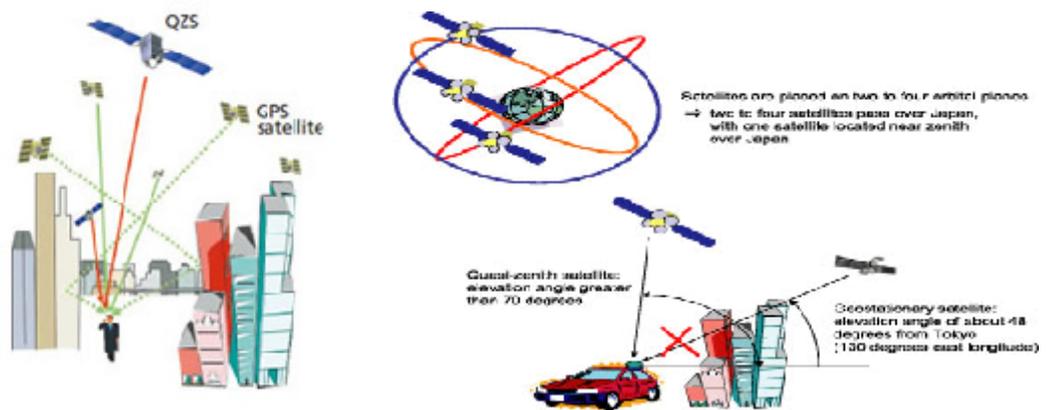
Pada saat ini, sistem GPS sudah sangat banyak digunakan orang di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. *GPS receiver* mendapatkan sinyal transmisi gelombang radio dari satelit GPS yang bekerja pada frekuensi L-band yaitu L1 (1575.42 MHz) dan L2 (1227.60 MHz). Menurut datasheet antenna, spesifikasi antenna untuk aplikasi GPS ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Spesifikasi Antena GPS

Parameter	Value	Unit	Notes
Center Frequency (f_c)	1575 ± 3	MHz	
Bandwidth (BW)	10 (min)	MHz	
Peak Gain	4 (min)	dBic	@ f_c , 70mm x 70mm GP
Gain Coverage	-4 (min)	dBic	@ f_c , $-90^\circ < \theta < 90^\circ$ (over 75% volume)
Axial Ratio (AR)	2.0 (max)	dB	
Polarization	R.H.C.P		
Filter Attenuation	7 (min)	dB	@ $f_c + 20$ MHz, @ $f_c - 20$ MHz
	20 (min)		@ $f_c + 50$ MHz, @ $f_c - 50$ MHz
	25 (min)		@ $f_c + 100$ MHz
	40 (min)		@ $f_c - 100$ MHz
Power Handling	30	dBm	out of band signal

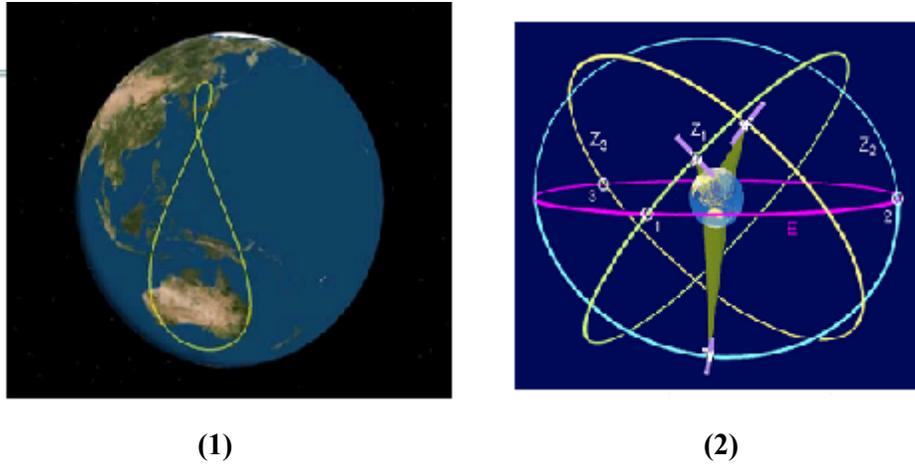
**Datasheet L-Band Satellite Receive Antenna*

Global Positioning System (GPS) memiliki ketersediaan untuk negara seperti Jepang di mana daerah pegunungan dan lembah perkotaan tidak memungkinkan mendapatkan jangkauan dari satelit di angkasa. *Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)* dianggap sebagai sistem satelit multi-fungsi, karena mampu menyediakan komunikasi, penyiaran, dan layanan posisi bagi pengguna ponsel di wilayah tertentu dengan sudut elevasi tinggi. Tambahan GPS sinyal yang kompatibel dari QZSS sangat dapat meningkatkan ketersediaan, akurasi, dan kemampuan positioning GPS. Sistem QZSS dapat dilihat di gambar 2.15.



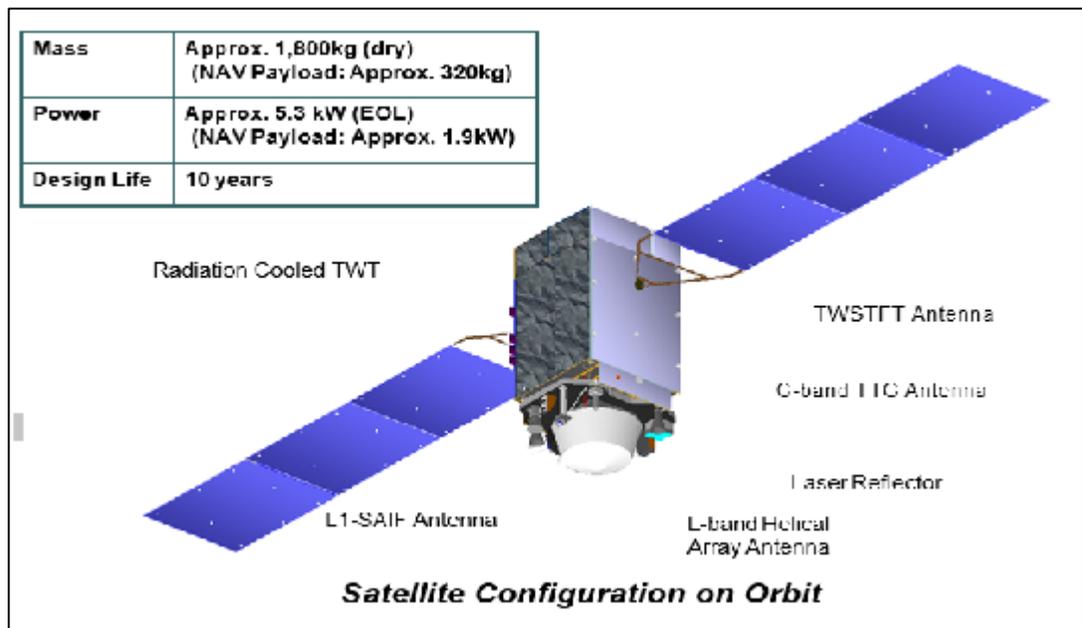
Gambar 2.15. Fungsi GPS Sistem QZSS pada Alat komunikasi dan Kendaraan Bermotor

Kuasi-Zenith sistem satelit terdiri dari tiga satelit yang mengorbit pada ketinggian 35.800 km di atas permukaan bumi sebagai satelit *geosynchronous*. Satelit ini mengorbit membentuk angka delapan, yang melewati ruang di atas Jepang ke Australia dan melewati bagian timur Indonesia seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.16. Ketika satelit orbit melintasi bagian timur Indonesia, sudut elevasi antara Indonesia bagian barat dan satelit adalah 40° - 50° .



Gambar 2.16. Wilayah Satelit QZSS (1) dan Orbit Satelit QZSS (2)

QZSS terdiri dari tiga satelit di miring, orbit geosynchronous dengan spesifikasi yang sudah ditentukan. Bentuk satelit pada sistem QZSS dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17. Bentuk Satelit QZSS

Dari bentuk satelit sistem QZSS diatas dapat kita ketahui beberapa tipe antena yang digunakan. Antena QZSS bekerja pada frekuensi L-Band dimana frekuensi dan spesifikasi yang dipakai bisa dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Frekuensi Kerja Satelit QZSS*

Signal	Channel	Frequency	Bandwidth	Min. Rx Power
QZS-L1C	L1CD	1575.42 MHz	24 MHz	-163.0 dBW
	L1CP		24 MHz	- 158.25 dBW
QZS-L1-C/A			24 MHz	- 158.5 dBW
QZS-L1-SAIF			24 MHz	- 161.0 dBW
QZS-L2C		1227.6 MHz	24 MHz	- 160.0 dBW
QZS-L5	L5I	1176.45 MHz	25 MHz	- 157.9 dBW
	L5Q		25 MHz	- 157.9 dBW
QZS-LEX		1278.75 MHz	42 MHz	- 155.7 dBW

*(Sakai, Fukushima, & Ito, 2011)

Dengan adanya sistem QZSS diharapkan teknologi GPS akan semakin canggih dan ketersediaan sinyal semakin luas tanpa adanya gangguan bahkan di tempat dengan gedung tinggi ataupun daerah pegunungan yang sulit dijangkau. Jadi dari penjelasan diatas, skripsi ini melakukan perancangan antena mikrostrip segiempat *linear array* untuk aplikasi GPS pada sistem QZSS yang bekerja di frekuensi L-Band yaitu sebesar 1,575 GHz. Perancangan antena ini akan dilakukan menggunakan aplikasi perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014.

2.1.4. Perangkat Lunak CST Microwave Studio 2014

Dalam penelitian ini perangkat lunak yang digunakan untuk memodelkan dan mensimulasikan antena mikrostrip yang akan dibuat adalah perangkat lunak *CST Microwave Studio 2014*.

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 (Eda, 2012: 2).

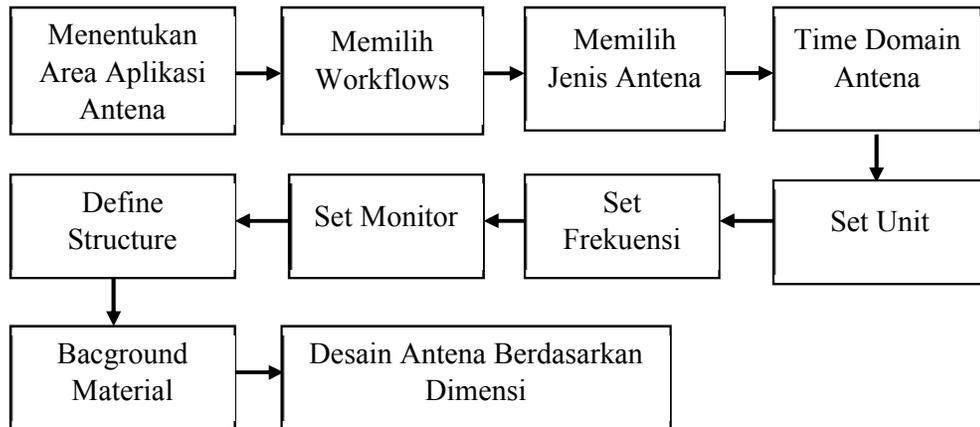
CST Microwave Studio adalah perangkat alat spesialis untuk 3D EM simulasi komponen frekuensi tinggi. Perangkat lunak simulasi elektromagnetik CST STUDIO SUITE adalah puncak dari bertahun-tahun penelitian dan pengembangan menjadi solusi komputasi yang paling akurat dan efisien untuk desain elektromagnetik. 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 diantaranya (Dr. Arguirre, 2012: 1):

- 1) *Solve* berfungsi untuk menentukan jenis bahan yang digunakan.
- 2) *Primitives* berfungsi untuk menentukan jenis antena.
- 3) *WCS* berfungsi untuk menentukan sumbu koordinat
- 4) *Calculate* berfungsi untuk menghitung *feeding* atau teknik pencatuan
- 5) *Time Domain Solver* untuk mensimulasikan

2.1.4.1. Desain Antena Mikrostrip menggunakan SCT Microwave Studio 2014

Blok diagram desain antena menggunakan *CST Microwave Studio 2014*

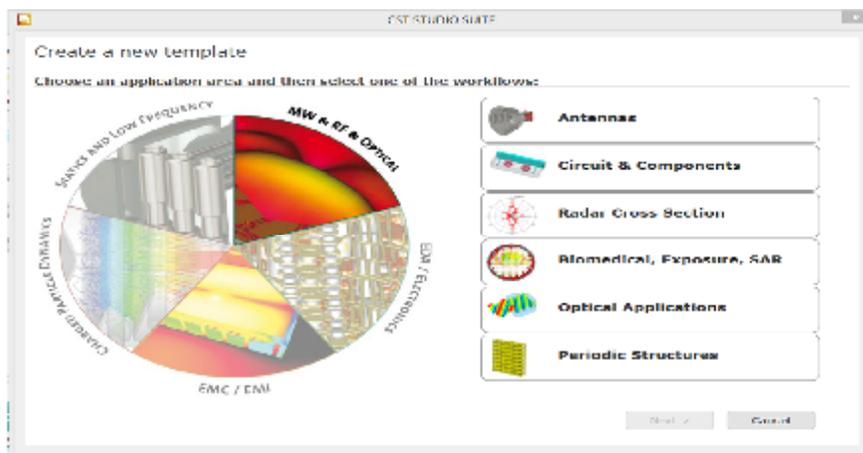
ditunjukkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18. Blok Diagram Desain Antena Mikrostrip Menggunakan CST 2014

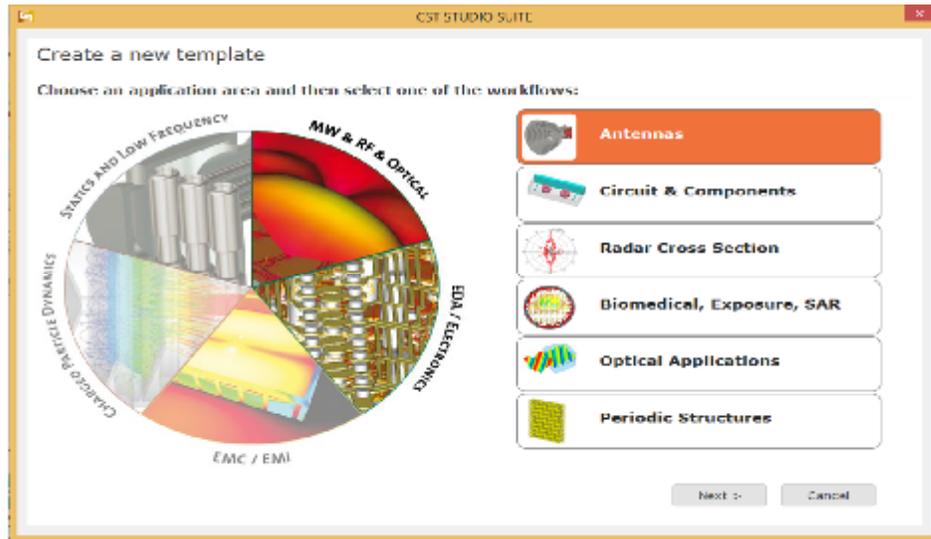
Keterangan gambar 2.18.

- 1) Menentukan Area Aplikasi antena adalah proses awal saat mendesain, dalam pengaturan ini ditentukan terlebih dahulu aplikasi antena yang akan didesain. Tampilan dari pengaturan ini dapat dilihat pada gambar 2.19.



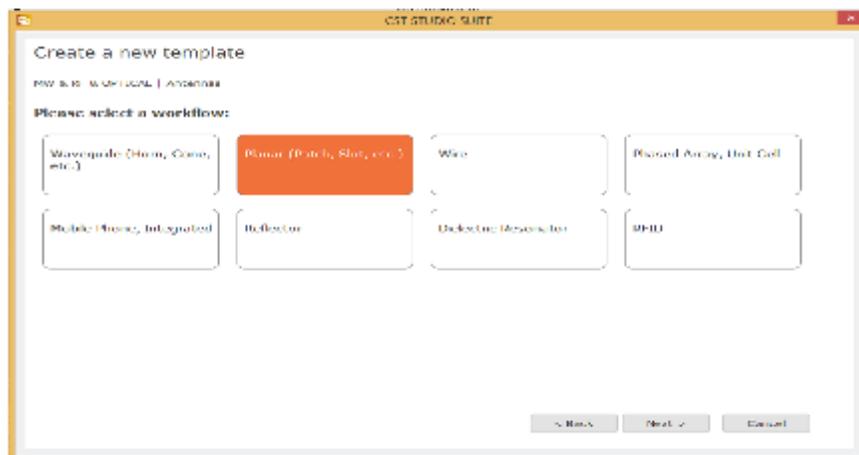
Gambar 2.19. Pemilihan Area Aplikasi Antena

- 2) Memilih *Workflows* adalah pengaturan antenna yang ingin didesain. Dalam skripsi ini antenna yang didesain adalah antenna mikrostrip jadi pilihan jenis antenna yang digunakan adalah yang pertama. Pengaturan jenis antenna dapat dilihat pada gambar 2.20.



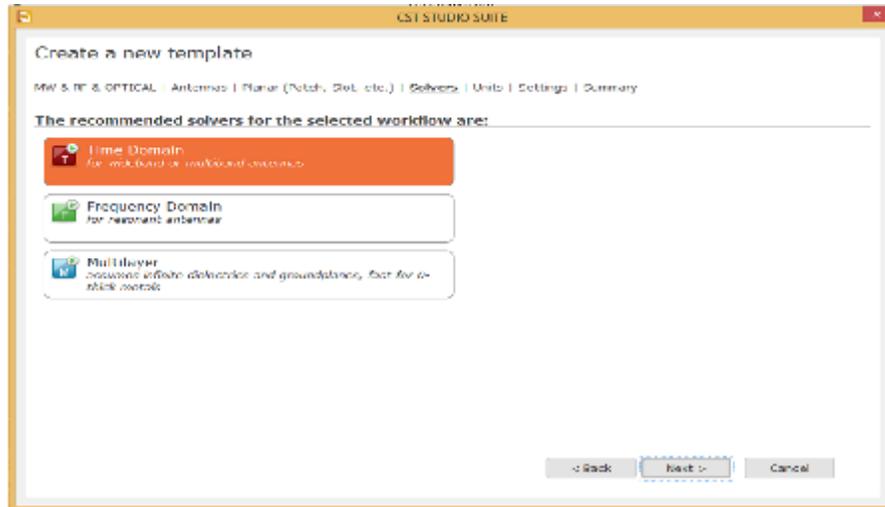
Gambar 2.20. Pemilihan *Workflows* Antena

- 3) Pada pengaturan ini, antenna yang dipilih adalah antenna plannar, karena antenna mikrostrip terdiri dari patch, substrat dan lainnya. Pengaturan ini dapat dilihat pada gambar 2.21.



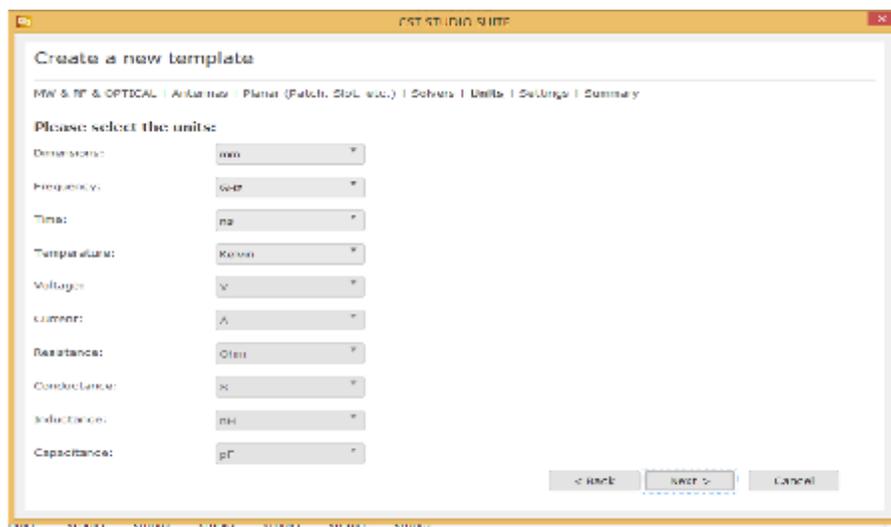
Gambar 2.21. Pemilihan Jenis Antena

- 4) *Time Domain* adalah pengaturan yang akan direkomendasikan sesuai dengan jenis antena yang telah dipilih. Pengaturan ini akan berpengaruh pada simulasi desain. Pengaturan *time Domain* dapat dilihat pada gambar 2.22.



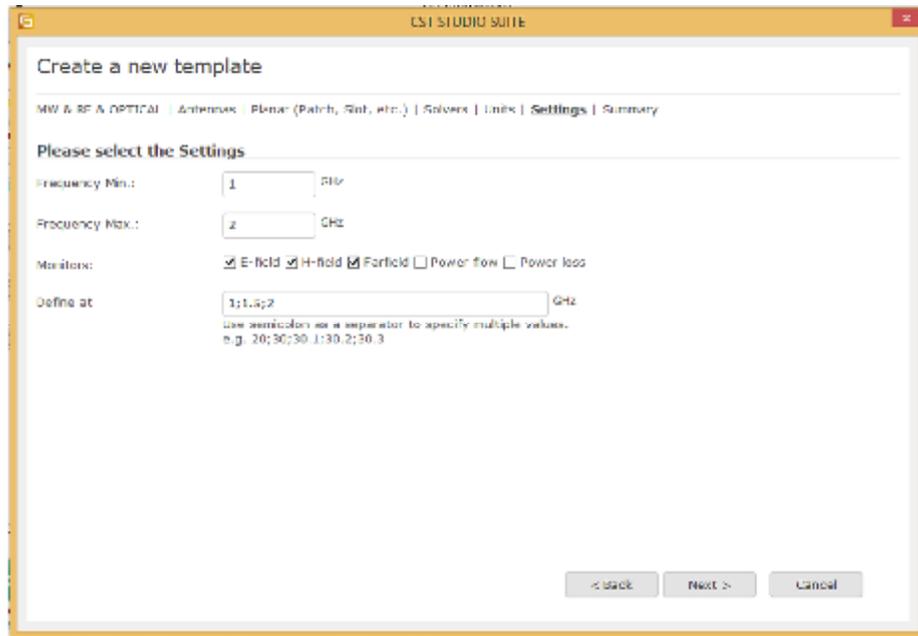
Gambar 2.22. Time Domain

- 5) *Set Units* adalah mengatur satuan dari masing-masing elemen yang akan digunakan. CST sudah mengaturnya secara *default* untuk struktur yang bertipe geometri maka *units* memiliki satuan mm dan frekuensi GHz. Pengaturan ini dapat dilihat pada gambar 2.23.



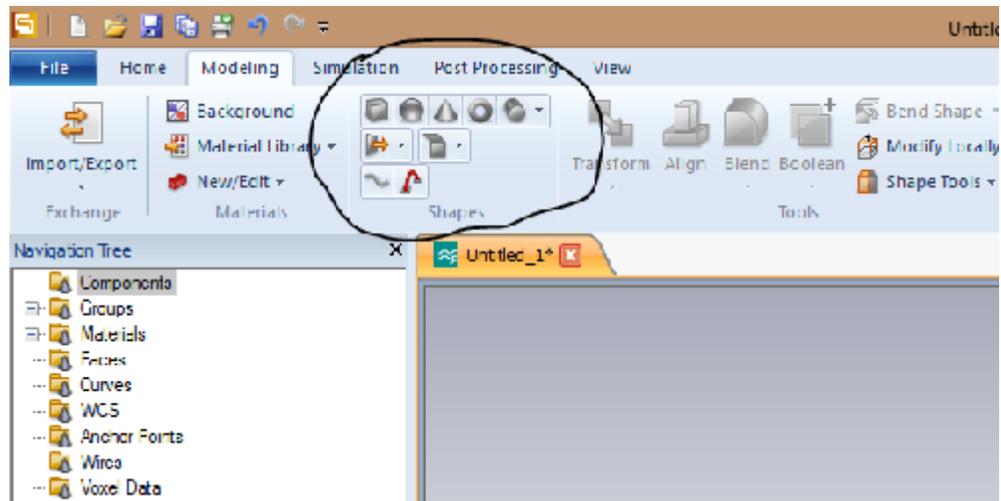
Gambar 2.23. Set Unit

- 6) *Set Frequency* adalah untuk mengatur frekuensi kerja yang digunakan dalam mendesain antenna mikrostrip. Pada umumnya diatur dari Band frekuensi yang digunakan. Dalam skripsi ini, frekuensi yang diinginkan adalah 1.575 GHz, sehingga set frekuensi yang dibuat adalah 1 – 2 GHz. Pengaturan ini dapat dilihat pada gambar 2.24.



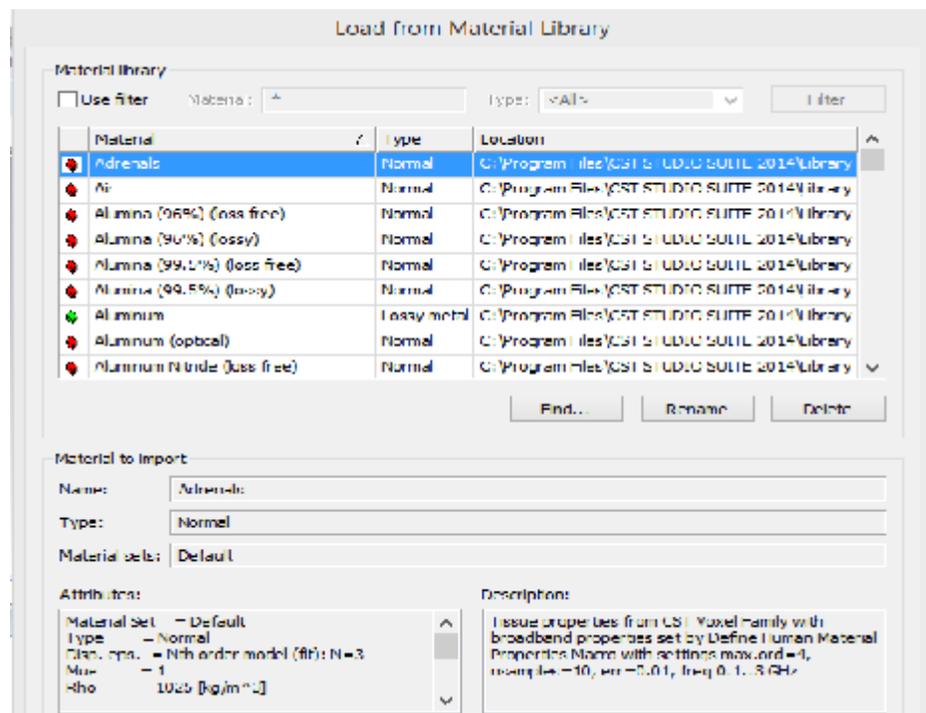
Gambar 2.24. *Set Frequency*

- 7) *Set Monitor* Pada gambar 2.24. Pengaturan yang dipilih adalah *E-Field*, *H-Field* dan *Farfield*. Pengaturan ini akan menunjukkan hasil simulasi secara 2D dan 3D.
- 8) *Define Structure* mendefinisikan struktur atau bentuk yang digunakan untuk mendesain sebuah antenna mikrostrip. Dalam skripsi ini struktur yang digunakan adalah bentuk *rectangular* (segiempat). Pengaturan ini ditunjukkan pada gambar 2.25.



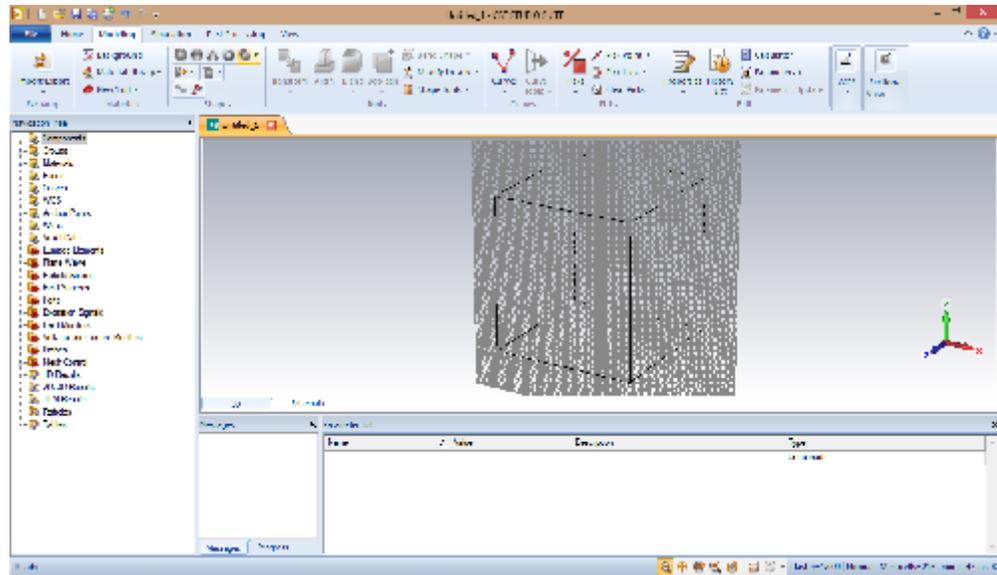
Gambar 2.25. Define Structure

- 9) *Background Material* adalah mengatur bahan apa yang akan digunakan untuk mendesain antenna mikrostrip tersebut. Pengaturan ini ditunjukkan pada gambar 2.26.



Gambar 2.26. Background Material

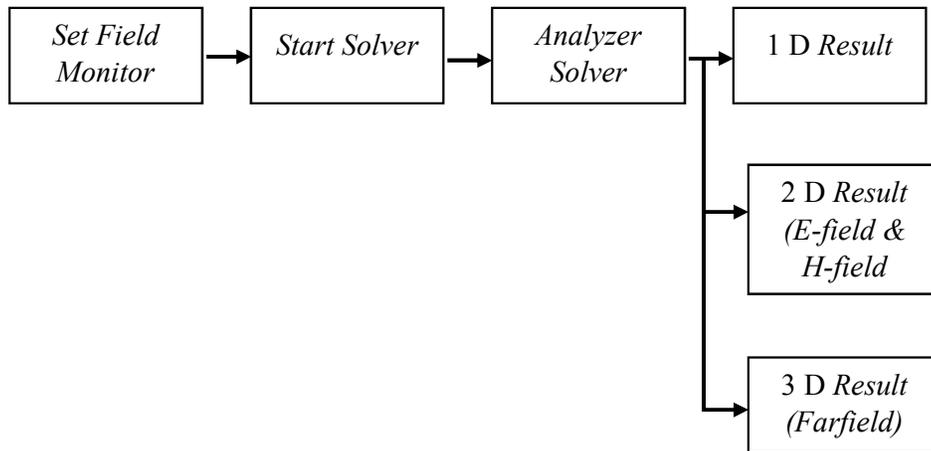
Setelah semua pengaturan dilakukan, desain sudah bisa dimulai sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan sebelumnya melalui perhitungan. Tampilan awal tempat mendesain antenna ditunjukkan pada gambar 2.27.



Gambar 2.27. Tampilan Awal Desain Antena Mikrostrip

2.1.4.2. Simulasi Antena Mikrostrip Menggunakan *CST Microwave Studio 2014*.

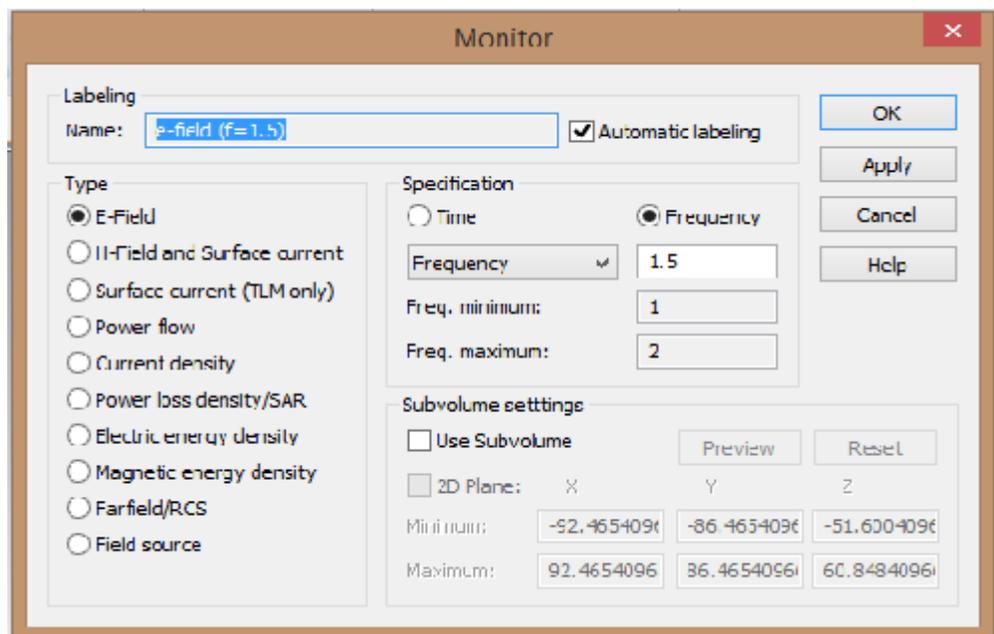
Simulasi antena mikrostrip dilakukan saat desain antena sudah didapatkan dan sesuai dengan dimensi perhitungannya. Fungsi dari simulasi antena adalah untuk mengetahui besar nilai parameter-parameter yang diinginkan sudah sesuai dengan perancangan atau tidak. Jika tahap simulasi parameter yang diinginkan sudah didapat, selanjutnya adalah proses fabrikasi antena. Diagram alir simulasi yang dilakukan menggunakan aplikasi *CST Microwave Studio 2014* terhadap hasil desain dapat dilihat pada gambar 2.28.



Gambar 2.28. Blok Diagram Simulasi Antena Mikrostrip Menggunakan CST 2014

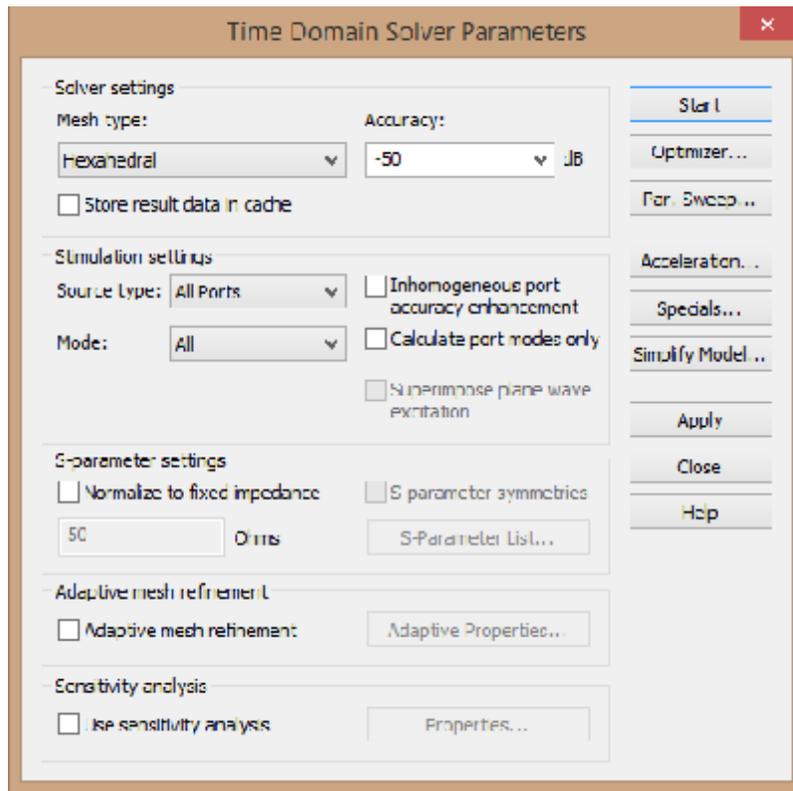
Keterangan gambar 2.28.

- 1) *Set Field Monitor* adalah parameter yang dimunculkan saat simulasi dilakukan, parameter yang akan dilihat ketika pensimulasian. Tampilan *Set Field Monitor* Ditunjukkan pada gambar 2.29.



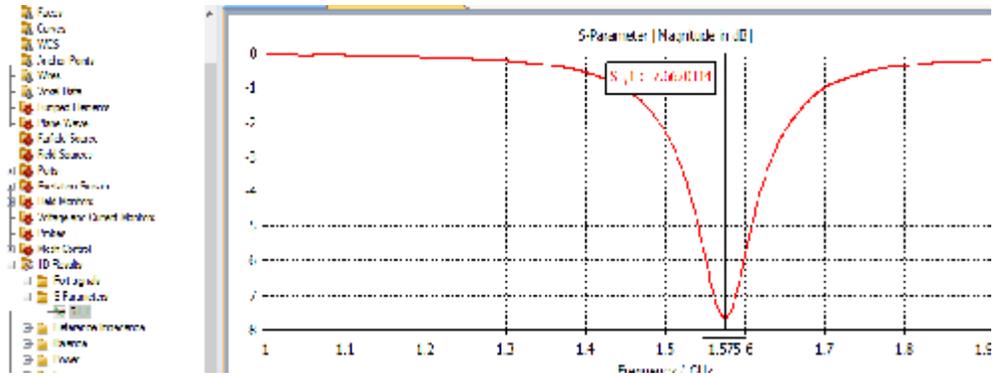
Gambar 2.29. Tampilan *Field Monitor*

- 2) *Start Solver* adalah Adalah memulai simulasi pada CST Microwave Studio 2014. Tampilan *Start Solver* ditunjukkan pada gambar 2.30.

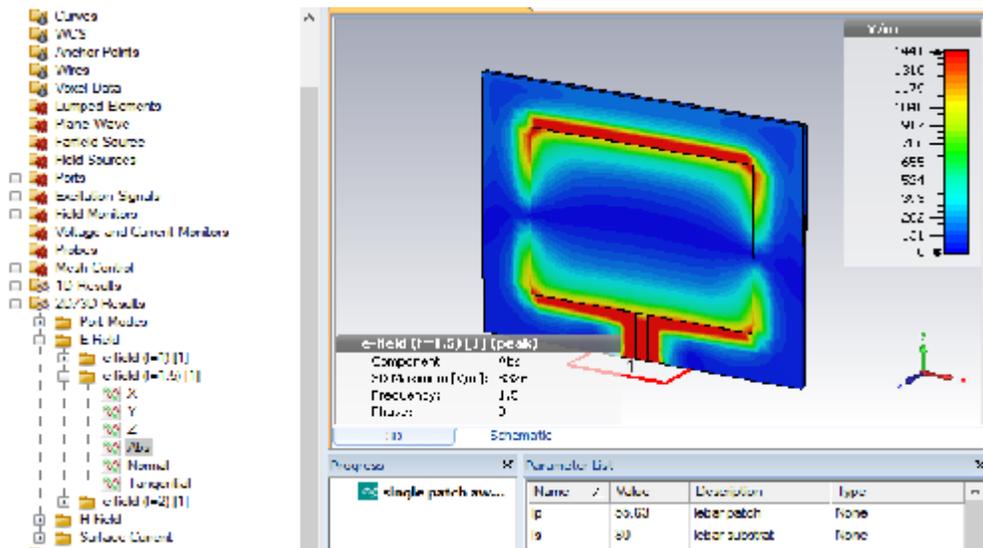


Gambar 2.30. Tampilan *Start Solver*

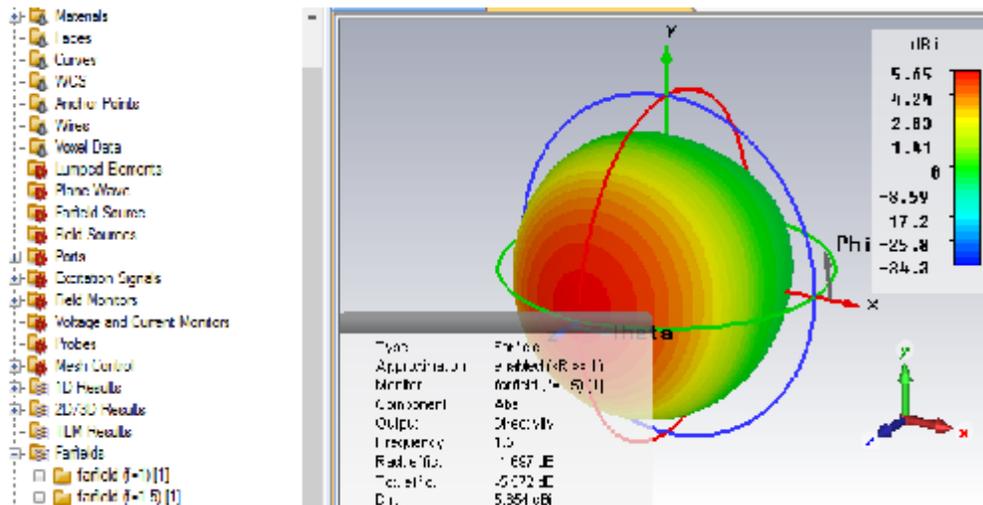
- 3) *Analyze Solver* adalah untuk menganalisis hasil dari simulasi. Hasil simulasi dibagi menjadi 3 bagian yaitu dalam bentuk tampilan 1 D *result* yang akan menampilkan hasil dari frekuensi kerja antenna, *return loss*, *bandwidth*, dan VSWR antenna. Tampilan 1 D *result* dapat dilihat pada gambar 2.31. Kedua, tampilan 2 D *result* akan menampilkan radiasi antenna terhadap bidang X,Y,Z yang akan menjadi hasil dari nilai *Axial Ratio*. Tampilan 2 D *result* dapat dilihat pada gambar 2.32. Terakhir adalah tampilan 3 D *result* atau yang biasa disebut sebagai *farfield* antenna. Hasil ini akan menampilkan pola radiasi secara 3 dimensi dan gain antenna serta sudut fasa yang dihasilkan. Tampilan 3 D *result* dapat dilihat pada gambar 2.33.



Gambar 2.31. Tampilan 1 D Result



Gambar 2.32. Tampilan 2 D Result



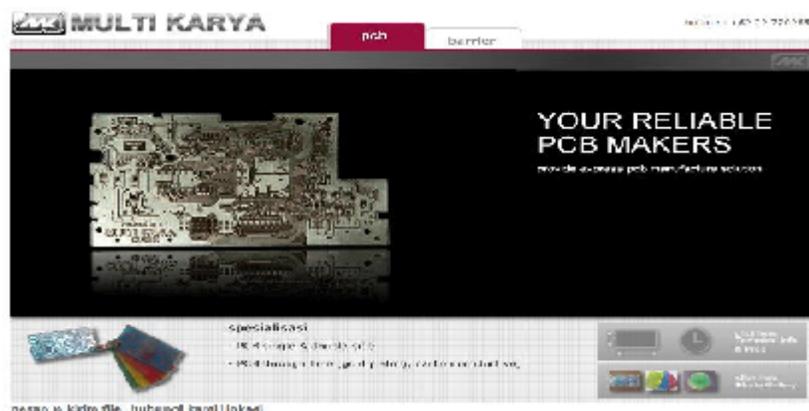
Gambar 2.33. Tampilan 2 D Result

Hasil dari desain dan simulasi merupakan hasil awal sebagai acuan dari parameter-parameter antenna yang telah dibuat. Jika parameter-parameter yang dihasilkan oleh simulasi sesuai dengan yang diinginkan, maka antenna perlu di fabrikasi untuk bisa melakukan proses berikutnya yaitu pengukuran menggunakan alat ukur antenna. Sehingga dari nilai dari hasil simulasi dan pengukuran bisa menjadi acuan apakah antenna sudah memenuhi syarat untuk bisa digunakan atau belum. Jika belum, maka perlu melakukan desain ulang dan lanjut ke tahap berikutnya sampai hasil yang diinginkan bisa tercapai dan antenna sesuai dengan perancangannya.

2.1.5. Fabrikasi Antena Mikrostrip

Proses fabrikasi antenna mikrostrip segiempat *array* 2 elemen dilakukan dengan menggunakan jasa pihak ke tiga. Pemesanan antenna mikrostrip yang akan di fabrikasi dapat dilakukan melalui tahapan sebagai berikut :

- 1) Buka website www.multikarya.com maka akan muncul tampilan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.34.



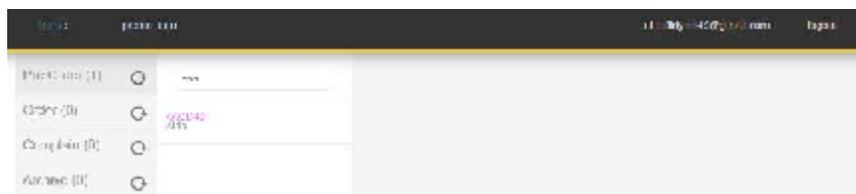
Gambar 2.34. Tampilan Jendela Website Multi Karya

- 2) Klik bagian “pesan & kirim file” maka akan muncul tampilan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.35. Jika sudah memiliki akun *e-mail* dan *password*, maka dapat langsung *login*. Namun jika belum, maka harus buat terlebih dahulu dengan meng-*klik* pada kotak biru bertuliskan “*Register new account*”.



Gambar 2.35. Tampilan Login Untuk Pemesanan

- 3) Jika sudah *login*, maka akan muncul tampilan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.36.

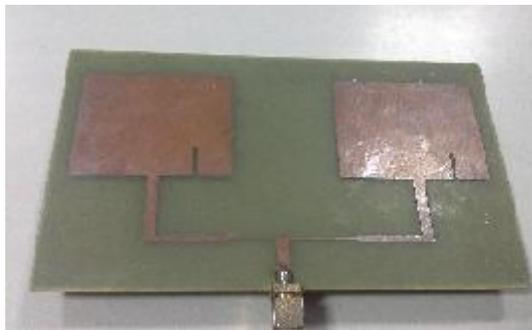


Gambar 2.36 Tampilan menu

- 4) Langkah selanjutnya yaitu meng-*klik* “pesan baru” maka muncul tampilan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.37.

Gambar 2.37. Tampilan Menu Untuk Pemesanan

Pada bagian nama, telepon, alamat pengiriman, kota dan kode pos harus diisi secara lengkap dan benar. Format desain pada CST Microwave Studio 2014 di *convert* ke bentuk Visio, Eagle, Corel, atau Protel. Setelah semuanya diisi secara lengkap dan benar, maka pesanan dapat dikirim. Gambar 2.38 menunjukkan contoh hasil fabrikasi antenna mikrostrip.



Gambar 2.38. Hasil Fabrikasi Antena Mikrostrip Array 2 Elemen

Setelah melakukan fabrikasi dan menyesuaikan ukuran dari dimensi antenna sesuai dengan dimensi hasil pengukuran dan simulasi. Berikutnya adalah antenna mikrostrip hasil fabrikasi dapat dipasangkan ke alat ukur untuk mendapatkan nilai-nilai parameter antenna dari hasil pengukuran. Alat yang

digunakan yaitu Spectrum Analyzer.

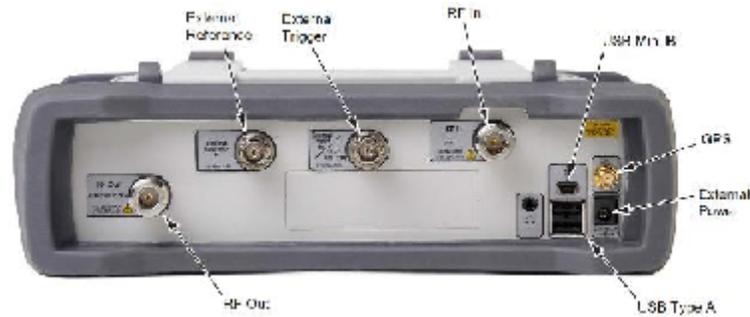
2.1.6. Alat Ukur Antena Spectrum Analyzer

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. 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 yang ditunjukkan pada Gambar 2.39.



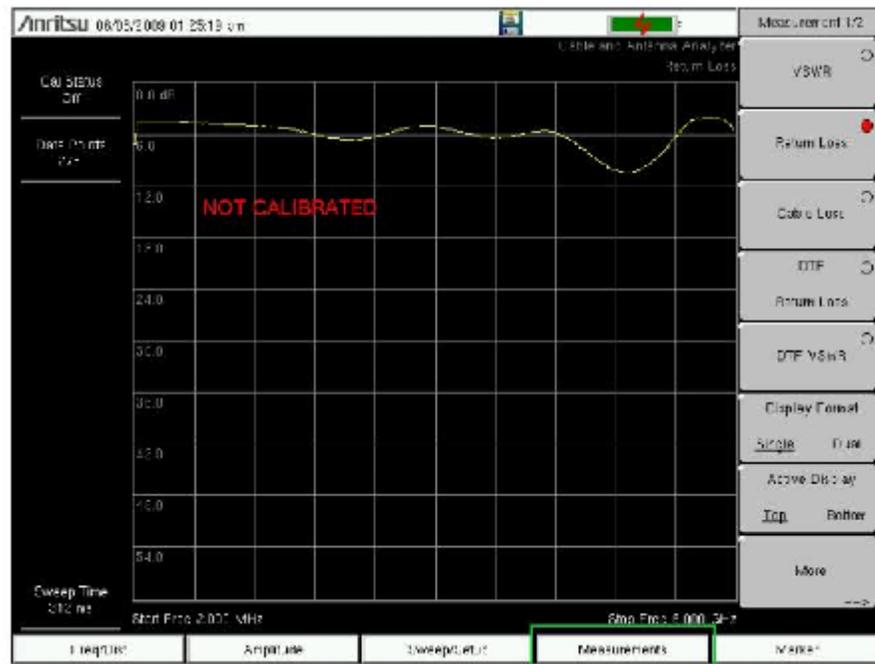
Gambar 2.39 Anritsu Tipe S332E

Tampak atas *spectrum analyzer* ditunjukkan pada Gambar 2.40. Antena yang akan diukur disambungkan ke RF Out.



Gambar 2.40 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 2.41.



Gambar 2.41 Tampilan Sebelum Kalibrasi

Alat yang dibutuhkan untuk mengkalibrasi spectrum analyzer ditunjukkan pada Gambar 2.42 yang terdiri dari tiga bagian, yaitu *Open*, *Short*, dan *Load*.



Gambar 2.42. Komponen Kalibrasi

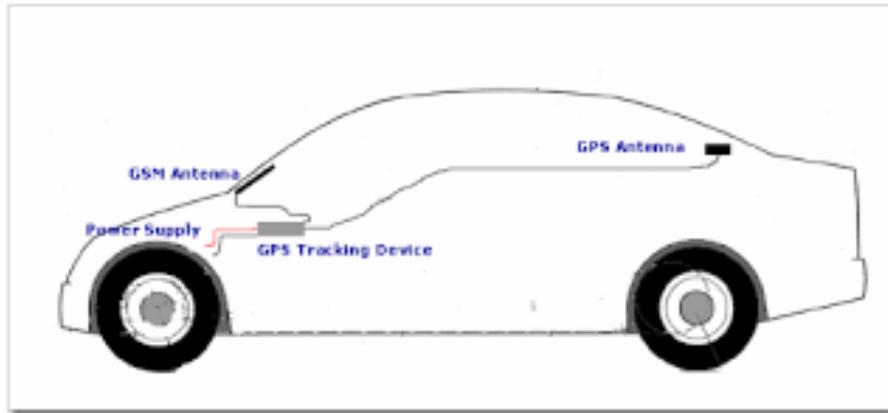
Sedangkan kabel yang digunakan untuk menghubungkan antena yang akan diukur dengan RF Out pada *spectrum analyzer* ditunjukkan pada gambar 2.43 dengan spesifikasi panjang kabel 1,5 m, dan memiliki impedansi 50 Ω .



Gambar 2.43. Kabel Konektor 50 Ω

2.1.7. Sistem Antena GPS

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, antena mikrostrip untuk aplikasi GPS untuk QZSS ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja GPS saat ini dan dipasang pada komunikasi mobile atau kendaraan. Antena yang dibuat dalam skripsi ini diharapkan mampu diaplikasikan langsung pada kendaraan pribadi sebagai komunikasi GPS yang sebenarnya. Pemasangan antena GPS dengan sistem QZSS ini jika dipasangkan pada kendaraan pribadi ditunjukkan pada gambar 2.44.



Gambar 2.44. Letak Pemasangan Antena Mikrostrip pada Kendaraan

*<http://detektiflacak.blogspot.co.id/p/cara-pasang-gps-tracking.html> (diakses Minggu, 6 Desember 2015)

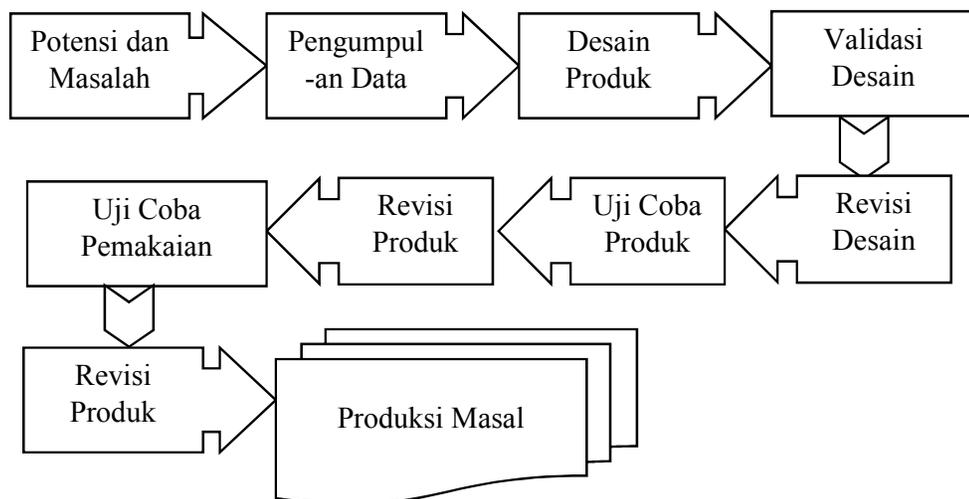
Dari gambar 2.44 dapat dilihat ada beberapa alat yang digunakan dalam pemasangan sistem GPS pada kendaraan selain antena GPS. Alat ini diantaranya adalah *GPS Tracking Device*, alat ini digunakan sebagai *access point* dari sistem yang menjadi tempat dihubungkannya antena pada sistem. Cara menghubungkan antena dengan *GPS Tracking Device* yaitu menggunakan kabel dengan konektor sebesar 50 ohm sesuai dengan karakteristik impedansi input dari antena. Lalu untuk menjalankan GPS dibutuhkan GSM antena agar dapat melakukan komunikasi sesuai kebutuhan dan yang terakhir adalah power supply untuk mendukung kerja sistem GPS. Namun, pada penerapannya karena minimnya alat dan bahan, maka antena mikrostrip dalam skripsi ini perlu lagi adanya pengembangan lebih lanjut sehingga dapat diaplikasikan langsung sesuai kebutuhan.

2.1.8. Metode Penelitian *Research and Development* (R&D)

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu (Sugiyono, 2010: 2). Macam-macam metode penelitian dapat diklarifikasikan berdasarkan tujuan dan

tingkat kealamiah (*natural setting*) obyek yang diteliti. Berdasarkan tujuan, metode penelitian dapat diklarifikasikan menjadi penelitian dasar (*basic research*), penelitian terapan (*applied research*) dan penelitian pengembangan (*research and development*). Pada penelitian ini, digunakan metode penelitian *Research and Development* (R&D). Metode penelitian *Research and Development* (R&D) digunakan dalam banyak sekali bidang. Metode penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa inggrisnya *Research and Development* (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2010: 297).

Jadi dapat disimpulkan bahwa metode R&D adalah metode yang disusun secara ilmiah, sistematis, empiris, rasional yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu. Langkah-langkah penggunaan metode penelitian R&D ada 10 tahap ditunjukkan pada gambar 3.45 (Sugiyono, 2010: 409).



Gambar 2.45. Blok Diagram Metode Penelitian R&D

1) Potensi dan Masalah

Potensi adalah segala sesuatu yang bila didayagunakan akan memiliki nilai tambah. Masalah adalah penyimpangan antara yang diharapkan dengan yang terjadi. Oleh karena itu dalam penelitian perlu adanya masalah dan potensi untuk menyelesaikan masalah tersebut. Potensi dan masalah merupakan tahap awal pada penelitian yaitu mencari masalah dari objek yang akan diteliti dan mencari potensinya sehingga objek tersebut layak untuk dikembangkan. Kemudian untuk membuat sebuah masalah tersebut menjadi sebuah objek penelitian, diperlukan banyak sekali sumber data yang terkait dan benar. Pengumpulan data, informasi, dan kajian pustaka lalu kemudian diidentifikasi menjadi masalah yang menjadi topik utama pada penelitian pembuatan produk dalam hal ini adalah antena mikrostrip untuk aplikasi GPS sistem *Quasi Zenith Satellite*.

2) Pengumpulan Data

Setelah potensi dan masalah dapat ditunjukkan secara faktual, maka selanjutnya adalah perlu dikumpulkannya berbagai informasi yang dapat digunakan sebagai bahan untuk perencanaan produk tertentu yang diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut. Kemudian setelah pengumpulan data, perencanaan dalam dilaksanakan. Berdasarkan tahap ini tahap-tahap pada rencana penelitian dibuat dalam skala kecil. Hal ini dapat dimulai dari perumusan tujuan penggunaan produk, bahan dan ukuran produk, dan hal-hal yang dibutuhkan dalam proses pembuatan produk dalam penelitian.

3) Desain Produk

Pengembangan bentuk awal produk yang kemudian dikembangkan

menjadi lebih mendekati perancangan yang diinginkan, dan kemudian menentukan tahap-tahap uji desain di lapangan. Dalam skripsi ini desain produk dilakukan dengan mendesain antenna menggunakan perangkat lunak CST *microwave studio*.

4) Validasi Desain

Validasi desain merupakan proses kegiatan untuk menilai apakah rancangan produk sudah menghasilkan tujuan yang direncanakan. Dalam hal ini adalah apakah hasil simulasi dari desain antenna mampu menghasilkan parameter-parameter antenna yang sesuai dengan perencanaan.

5) Revisi Desain

Melakukan perbaikan terhadap produk utama, berdasarkan masukan dan saran-saran dari hasil uji lapangan awal. Pendekatan yang digunakan biasanya pendekatan kualitatif dan evaluasi yang digunakan hanya berupa evaluasi terhadap proses sehingga perbaikan bersifat internal.

6) Uji Coba Produk

Melakukan uji coba tahap utama yang berupa uji efektifitas desain produk, uji efektifitas desain pada umumnya, sehingga didapat desain yang diinginkan. Dalam hal ini adalah desain di fabrikasi atau dicetak menjadi antenna yang sebenarnya, kemudian diuji dengan pengukuran kembali apakah sudah sesuai berdasarkan dengan hasil desain sebelumnya.

7) Revisi Produk

Melakukan perbaikan terhadap produk operasional sehingga produk yang didapat semakin efektif. Evaluasi berdasarkan hasil pretest dan posttest, dan pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif.

8) Uji Coba Pemakaian

Melakukan uji lapangan operasional berupa uji efektifitas dan adaptabilitas desain produk. Dalam skripsi ini, uji coba pemakaian dilakukan menggunakan alat ukur *Spectrum Analyzer*. Hasil fabrikasi yang sudah di buat diujikan langsung hasil pengukurannya sehingga dapat diketahui sesuai atau tidak dengan hasil perencanaan.

9) Revisi Produk

Melakukan revisi terhadap produk akhir (tahap penyempurnaan produk). Diharapkan produk yang telah mencapai tahap ini dapat digunakan untuk konsumen dengan skala besar.

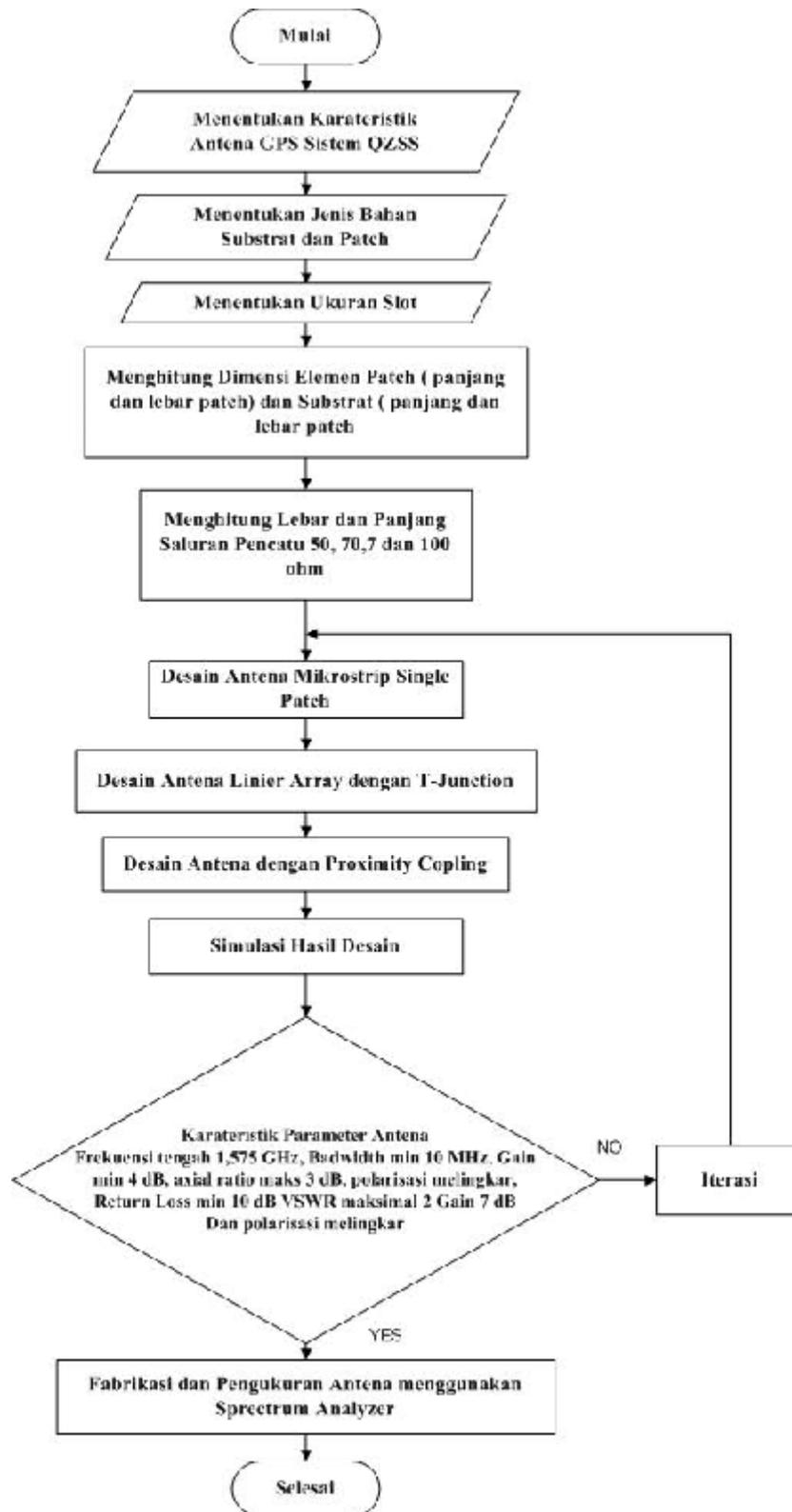
10) Pembuatan Produk Massal

Melaporkan dan menyebarluaskan produk melalui pertemuan dan jurnal ilmiah. Tahap ini memerlukan waktu *yang* lama karena diperlukan kebijakan, legalitas, dan pendanaan yang besar

2.2. Kerangka Berfikir

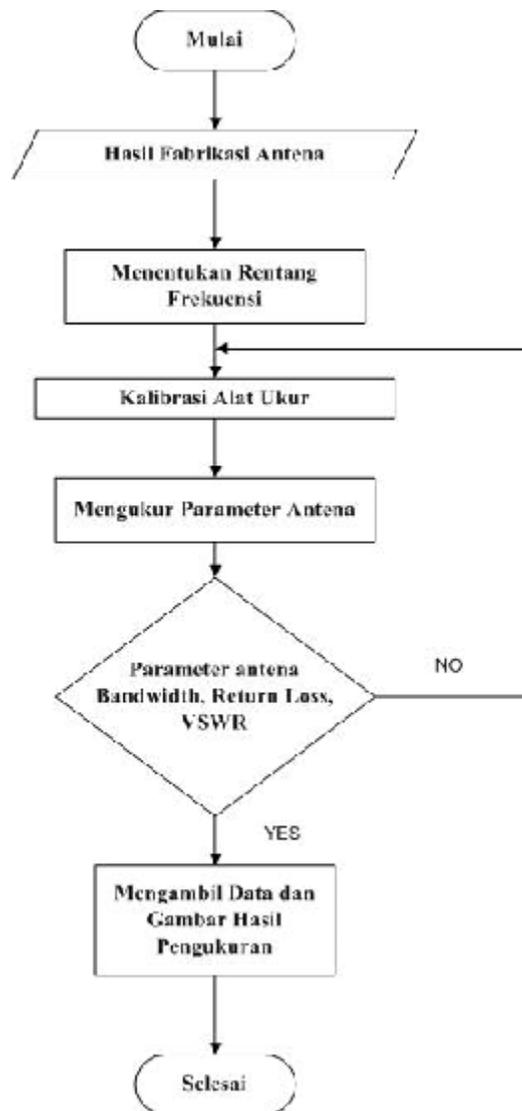
Dengan semua teori, kajian pustaka dan informasi yang telah dijelaskan sebelumnya, menjadi dasar penelitian dan pengembangan untuk **Rancang Bangun Antena Mikrostrip Segiempat *Linier Array* dengan Teknik Pencatuan *Proximity Coupling* Pada Frekuensi 1,575 GHz untuk Aplikasi GPS pada Sistem *Quasi Zenith Satellite***. Dalam tahapannya dimulai dengan menentukan parameter antena yang sesuai dengan datasheet antena GPS dan karakteristik sistem satelit QZSS, menentukan jenis bahan *substrat* dan *patch* yang akan digunakan,

menghitung dimensi antena, melakukan desain dan simulasi menggunakan perangkat lunak CST *Microwave 2014*, melakukan fabrikasi dan terakhir melakukan uji pengukuran antena menggunakan *Spectrum Analyzer* . Tahapan penelitian ini secara jelas ditunjukkan oleh diagram alir pada gambar 2.46.



Gambar 2.46. Flowchart Perancangan Antena Mikrostrip Aplikasi GPS Sistem QZSS

Dari diagram alir pada gambar 2.46, dapat dilihat desain antenna dibagi menjadi 3 tahap pembuatan. Tahap yang pertama adalah mendesain antenna *single patch*. Tahap kedua adalah mendesain antenna *linier array* 2 elemen, dan tahap terakhir adalah mendesain menggunakan pencatuan *proximity coupling*. Setelah proses desain sudah menghasilkan parameter yang diinginkan, antenna siap di fabrikasi dan kemudian di ukur menggunakan *spectrum analyser*. Bagan alir pengukuran antenna dintunjukkan pada gambar 2.47.



Gambar 2.47. Flowchart Pengukuran Antena Hasil Desain dan Fabrikasi

2.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah antenna mikrostrip segiempat *linier array* dengan teknik pencatuan *proximity coupling* pada frekuensi 1,575 GHz untuk aplikasi GPS sistem *Quasi Zenith Satellite* dapat didesain, disimulasikan, dan diukur parameternya menggunakan perangkat lunak *CST Microwave 2014* dan perangkat keras *Spectrum Analyzer*, dengan spesifikasi frekuensi tengah 1,575 GHz, *bandwidth* minimal 10 MHz, gain minimal 4 dB, axial ratio maksimal 3 dB, polarisasi melingkar, *return loss* minimal 10 dB, dan VWSR maksimal 2.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tujuan Operasional Penelitian

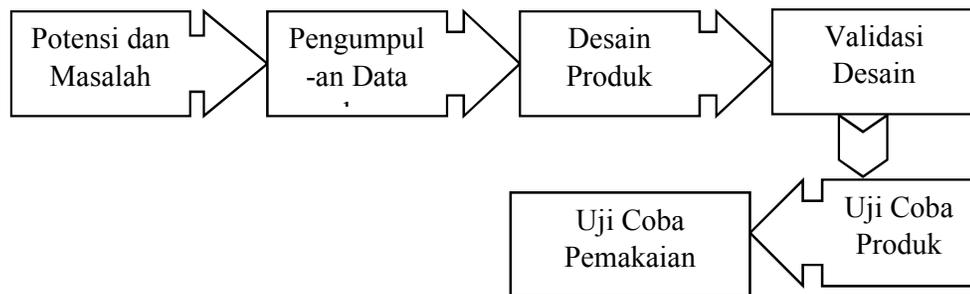
Penelitian ini bertujuan untuk mendesain, membuat, dan mengukur antenna mikrostrip segiempat *linier array* dengan teknik pencatuan *proximity coupling* pada frekuensi 1,575 GHz untuk aplikasi GPS sistem *Quasi Zenith Satellite* pada. Antena ini didesain, dibuat, dan diukur untuk menghasilkan spesifikasi antenna yaitu frekuensi tengah 1,575 GHz, *bandwidth* minimal 10 MHz, Gain minimal 4 dB, axial ratio maksimal 2, polarisasi melingkar, *return loss* minimal 10 dB dan VSWR maksimal 2. Desain dan simulasi antenna mikrostrip dilakukan menggunakan perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014. Fabrikasi antenna menggunakan jasa PT. Multikarya. Pengukuran antenna mikrostrip menggunakan alat ukur *Spectrum Analyzer*.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Telekomunikasi Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta, pada bulan September sampai Desember 2015. Proses penelitian berupa pengumpulan data, desain, simulasi, fabrikasi, pengukuran dan analisis hasil perbandingan simulasi dan pengukuran pada antenna mikrostrip.

3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada skripsi ini adalah metode *Research and Development* (R&D). Dalam metode R&D terdapat 10 langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian. Tetapi, pada skripsi ini, hanya digunakan 6 dari 10 langkah yang disediakan. Langkah-langkah yang akan diambil pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.1. yaitu :



Gambar 3.1. Langkah-langkah Penelitian

3.3.1. Menentukan 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* untuk aplikasi GPS sistem *Quasi Zenith Satellite*, dengan kriteria hasil uji parameter secara simulasi dan pengukuran diantaranya yaitu, frekuensi tengah 1,575 GHz, *bandwidth* minimal 10 MHz, Gain minimal 4 dB, axial ratio maksimal 2, polarisasi melingkar, *return loss* minimal 10 dB dan VSWR maksimal 2 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* untuk menghasilkan *bandwidth* dan gain yang besar, slot untuk dapat mendapatkan polarisasi melingkar dan pencatuan *proximity copling* untuk mendapatkan nilai *return loss* dan VSWR yang sesuai dengan standard untuk antenna.

3.3.2. Pengumpulan Data

3.3.2.1. Menentukan Karakteristik Antena

Berdasarkan spesifikasi dari satelit *quasi zenith* antena harus bekerja pada frekuensi L-Band yaitu 1,575 Ghz. Karakteristik dari parameter antena ditentukan berdasarkan datasheet antena mikrostrip yang digunakan untuk penerima sinyal GPS satelit dan karakteristik dari antena satelit QZSS. Selain itu antena dikatakan bekerja dengan baik jika bisa menghasilkan *return loss* kurang dari -10 dB dan VSWR kurang dari 2. Dari pendefisian ini maka perancangan antena dalam skripsi ini memiliki karakteristik atau parameter yang dibutuhkan ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Spesifikasi Antena Mikrostrip Aplikasi GPS Sistem QZSS

Frekuensi Tengah	1,575 GHz
<i>Bandwidth</i>	Minimal 10 MHz
Gain	Minimal 4 dB
Axial Ratio	Maksimal 3 dB
Polarisasi	Melingkar (RHCP)
<i>Return Loss</i>	Minimal 10 dB
VSWR	Maksimal 2

3.3.2.2. Menentukan Jenis *Substrat* dan *Patch*

Konstanta dielektrik dan ketebalan dari substrat akan mempengaruhi frekuensi kerja dari antenna, bandwidth, dan efisiensi antenna yang dibuat. Pada penelitian ini jenis substrat dan patch yang digunakan ditunjukkan pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan *Substrat* dan Bahan *Patch*

Jenis substrat	FR-4
Konstanta dielektrik	4,3
Tebal substrat	1,6 mm
Jenis patch	Copper
Tebal patch	0,035 mm

3.3.2.3. Menghitung Dimensi Elemen *Patch* dan *Substrat* Antena Segiempat

Setelah menentukan jenis *substrat* dan *patch* dari antenna, selanjutnya adalah menghitung besar dimensi antenna yang akan didesain. Perancangan ini meliputi ukuran panjang Patch (L_p), lebar Patch (W_p), Panjang substrat (L_s) dan Lebar substrat (W_s) dari antenna. Dalam mencari besar ukuran tersebut terlebih dahulu tentukan frekuensi kerja antenna (f_c), dalam penelitian ini frekuensi kerja antenna adalah 1,575 GHz. Kemudian menghitung ukuran lebar patch menggunakan persamaan (2.1).

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

$$W_p = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1,575 \sqrt{\frac{(4,3 + 1)}{2}}} = \frac{0,3}{5,127} = 58,8 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan ukuran lebar *patch* sebesar 58,8 mm. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai panjang *patch* menggunakan persamaan (2.2) sampai (2.5).

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

$$\epsilon_{eff} = \frac{4,3 + 1}{2} + \frac{4,3 - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{1,6}{58,8}}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{5,3}{2} + \frac{3,3}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1,32}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = 2,65 + 1,65 \left[\frac{1}{1,15} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = 4,13$$

Setelah mendapatkan nilai ϵ_{eff} , maka selanjutnya adalah mencari nilai L

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

$$L = 0,412 (1,6) \frac{(4,13 + 3) \left(\frac{58,8}{1,6} + 0,264 \right)}{(4,13 - 0,258) \left(\frac{58,8}{1,6} + 0,8 \right)}$$

$$L = 0,6592 \frac{(4,43)(36,75 + 0,264)}{(3,872)(35,75 + 0,8)}$$

$$L = 0,6592 \frac{(4,43)(37,014)}{(3,872)(37,55)}$$

$$L = 0,74$$

Setelah mendapatkan nilai L , maka selanjutnya adalah mencari nilai L_{eff} .

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

$$L_{\text{eff}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1,575 \times 4,13} = 46.8 \text{ mm}$$

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

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

$$L = 46,8 - 0,74 = 46,06 \text{ mm} \quad 46 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan dimensi elemen *patch* antena, dimensi substrat dapat ditentukan. Dalam menentukan dimensi dari substratnya dapat langsung menambahkan 20 atau mengkalikan 2 dari ukuran patchnya. Namun, dalam melakukan desain, ukuran dari perhitungan tidak selalu memberikan hasil sesuai yang diinginkan. Maka perlu adanya iterasi dimensi dari antena. Iterasi ini dilakukan saat proses desain dilakukan. Sehingga perbandingan ukuran dimensi antena mikrostrip segiempat hasil perhitungan dan iterasi simulasi ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Dimensi *Patch* dan *Substrat* Hasil Perhitungan dan Iterasi

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

Dari hasil perhitungan dimensi antena 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 parameternya.

3.3.2.4. Menentukan Lebar Saluran Pencatu

Dalam perancangan saluran pencatu skripsi ini menggunakan tiga impedansi saluran pencatu diantaranya 50 Ω , 70.7 Ω , dan 100 Ω dengan masing-masing memiliki dimensi lebar saluran yang berbeda-beda.

4.a. Saluran Pencatu Mikrostrip 50 Ω

Pada saat pengukuran, pencatu antenna mikrostrip akan dihubungkan dengan konektor SMA 50 Ω . Dengan demikian dalam perancangan pencatu antenna mikrostrip perlu impedansi masukan (Z_{in}) 50 Ω . Untuk mendapatkan nilai impedansi saluran pencatu 50 Ω , dapat dilakukan dengan mencari lebar saluran pencatu. Untuk mendapatkan dimensi lebar pencatu 50 Ω dapat menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11).

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

$$B = \frac{60(3.14)^2}{50 \cdot 4.3} = \frac{591.576}{103.68} = 5,7$$

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

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

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

$$= 3,131 \text{ mm}$$

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

4.b. Saluran Pencatu Mikrostrip 100 Ω

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

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

$$B = \frac{60(3.14)^2}{100 \cdot 4,3} = \frac{591,576}{207,364} = 2,8528$$

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

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

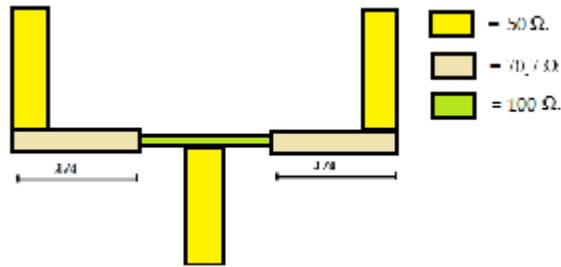
$$= 1,909 \{0,3041 + 0,3837[0,8648]\}$$

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

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

4.c. Saluran Pencatu Mikrostrip 70,7 Ω

Pada perancangan antena mikrostrip *linier array* 2 elemen, bentuk *array* yang digunakan adalah huruf (T-Junction) yang disebut sebagai *parallel feed* atau *corporate feed*, dengan tiga saluran mikrostrip yaitu 50 Ω , 100 Ω , dan 70,7 Ω . (T-Junction) umumnya dipakai untuk pembagi daya dalam antena yang disusun secara *array*. Bentuk dari (T-Junction) ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Bentuk (T-Junction) Impedansi 50 Ω, 100 Ω, dan 70,7 Ω

Pada perancangan saluran pencatu menggunakan T-Junction, saluran 50 Ω dan 100 Ω berfungsi sebagai power divider, sedangkan saluran impedansi 70,7 Ω berfungsi sebagai transformator $\lambda/4$.

Transformator $\lambda/4$ adalah teknik impedansi matching dengan cara memberikan saluran transmisi impedansi Z_T diantara dua saluran transmisi yang tidak match. Saluran 70.7 Ω berada diantara saluran 50 Ω dan 100 Ω. Nilai dari impedansi transformator $\lambda/4$ diperoleh dari persamaan (2.7)

$$Z_T = \sqrt{Z_1 \times Z_2} = \sqrt{50 \times 100} = 70.7 \Omega$$

Lebar saluran pencatu mikrostrip 70.7 Ω dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11).

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

$$B = \frac{60(3.14)^2}{70.7 \sqrt{4.3}} = \frac{591.576}{146.6} = 4.0351$$

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

$$W = \frac{2.16}{3.14} \left\{ 4.0351 - 1 - \ln(2(4.0351) - 1) + \frac{4.3 - 1}{2(4.3)} \left[\ln(4.0351 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4.3} \right] \right\}$$

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

$$= 1,631 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan lebar dari saluran 70,7 Ω adalah 1,631 mm. Selain melalui perhitungan mencari lebar saluran pencatu dapat langsung menggunakan perangkat lunak CST *Studio Suite*.

Untuk menghitung panjang dari saluran transformator $\lambda/4$ dapat menggunakan persamaan (2.8) dan (2.9) .

$$\lambda_0 = \frac{c}{fc} = \frac{3 \times 10^8}{1,575 \times 10^9} = 0,19$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{0,19}{\sqrt{4,13}} = 93,59$$

$$l = \frac{1}{4} \lambda_g = \frac{1}{4} 93,59 = 23,39 \text{ mm}$$

Sehingga perbandingan ukuran dimensi antenna mikrostrip segiempat hasil perhitungan dan iterasi simulasi ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Dimensi Impedansi Saluran Hasil Perhitungan dan Simulas

Hasil	Saluran Pencatu			Panjang gelombang		
	50 Ω	70,7 Ω	100 Ω	λ	$\frac{1}{2} \lambda$	$\frac{\lambda}{4}$
	w (mm)			L (mm)		
Hasil Perhitungan						
Hasil Simulasi						

3.3.2.5. Menentukan Ukuran Slot

Pada komunikasi satelit diperlukan suatu polarisasi melingkar. Untuk menghasilkan polarisasi melingkar pada antenna mikrostrip dalam perancangan patch dapat dibuat sebuah gangguan antara lain dengan pemberian slot, stub, atau

bentuk antena mikrostrip *single patch* dengan dimensi hasil iterasi dan penambahan slot ditunjukkan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Hasil Desain Antena *Single Patch*

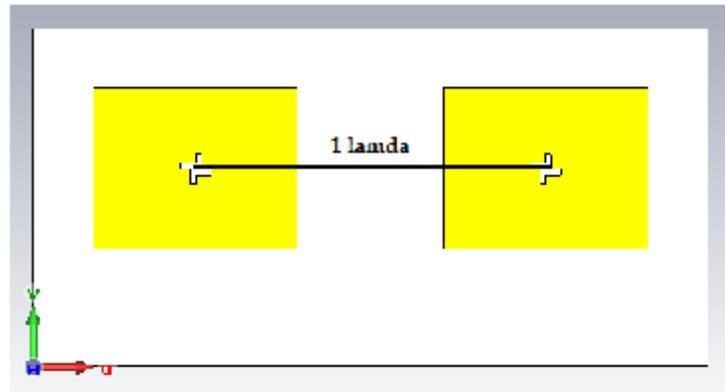
Hasil Desain <i>Single Patch</i>	
Dimensi Hasil Iterasi	
Dimensi dengan Penambahan Slot	

3.3.3.2. Mendesain Antena Mikrostrip *Linier Array 2 Elemen*

2.a. Menentukan Jarak Antar Elemen

Pada perancangan antena mikrostrip *linier array* hal yang harus diperhatikan adalah jarak antar *patch* agar tidak saling tumpang tindih atau terlalu berdekatan. Apabila jarak antar elemen terlalu dekat atau lebih kecil dari dua kali tebal substrat maka dikhawatirkan akan terjadi *electromagnetically coupled*. Sebaliknya jika jarak antar elemen terlalu jauh maka akan banyak rugi-rugi/loss dan penggunaan dimensi substrat kurang efisien. Untuk itu jarak antar elemen diatur seoptimal mungkin untuk memungkinkan kinerja antena semakin baik. Jarak antar

elemen diukur dari titik pusat *patch* satu ke titik pusat *patch* lainnya. Pada penelitian ini jarak yang digunakan adalah panjang gelombang λ , yang diukur dari titik pusat *patch* satu dengan yang lainnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Tampilan Jarak Antar Elemen *Array 2 Patch*

2.b. Mendesain Antena *Linier Array 2 Elemen* dengan *T-Junction*

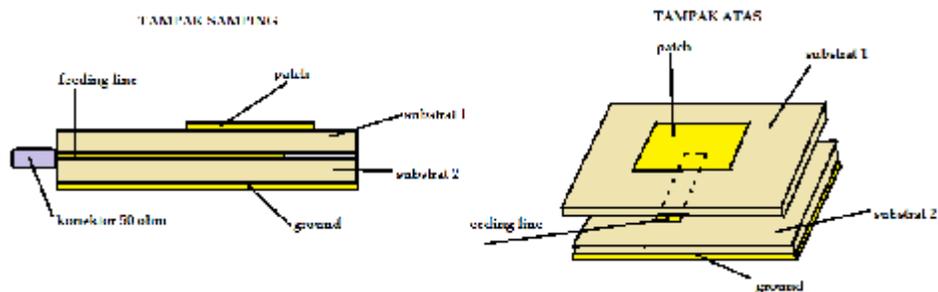
Selanjutnya, antena yang dirancang adalah antena mikrostrip *linier array* 2 elemen dengan menggunakan saluran pencatu *T-Junction*. Bentuk dari saluran pencatu yang sudah di buat dengan *T-Junction* adalah yang menggunakan saluran impedansi 50Ω , $70,7 \Omega$, dan 100Ω yang telah ditunjukkan pada gambar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

Tabel 3.6. Hasil Desain Antena *Array 2 Elemen* dengan Saluran *T-Junction*

Desain Antena <i>Array 2 Elemen</i> dengan <i>T-Junction</i>	
Tampak Atas	
Tampak Bawah (Ground)	

2.c. Mendesain Antena *Linier Array 2* Elemen dengan *T-Junction* dengan Teknik Pencatuan *Proximity Coupling*

Teknik pencatuan yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik pencatuan tidak langsung yaitu dengan menggunakan kopling elektromagnetik atau kopling *aperture* dan *coplanar waveguide feed* dimana tidak ada kontak langsung antara patch dengan feeding line. Teknik pencatuan mempengaruhi nilai impedansi input dan karakteristik antena. Pencatuan yang digunakan adalah pencatuan *proximity coupling* atau teknik pencatuan menggunakan kopling elektromagnetik yang dapat menghasilkan *bandwidth* dan *return loss* yang lebih tinggi. Konfigurasi dari teknik ini adalah dengan menggunakan dua buah *substrat* yang identik. Lapisan *substrat* yang pertama diletakan diatas dimana *patch* diletakan di bagian depan dan saluran pencatu di bagian belakang *substrat*. Pada lapisan substrat ini tidak terdapat *ground*. *Ground* diletakan di bagian bawah *substrat* kedua sehingga elemen pencatu dan patch akan terkopling secara elektromagnetik. Gambaran konfigurasi dari pencatuan dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Desain Pencatuan Proximity Coupling Tampilan Samping dan Atas

Setelah dibuat menggunakan teknik pencatuan *proximity coupling* maka tampilan desain akhir antena mikrostrip array 2 elemen untuk aplikasi GPS sistem QZSS ditunjukkan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Desain Akhir Antena Array 2 Elemen dengan Saluran T-Junction

Hasil Desain Antena Array 2 Elemen dengan <i>Proximity Coupling</i>		
	Tampak Atas	Tampak Bawah
<i>Substrat 1</i>		
	Tampak Atas	Tampak Bawah
<i>Substrat 2</i>		

3.3.4. Validasi dan Simulasi Desain Menggunakan Perangkat Lunak CST *Microwave Studio 2014*

3.3.4.1. Simulasi Hasil Desain Antena Mikrostrip *Linier Array* dengan Teknik Pencatuan *Proximity Coupling* pada Frekuensi 1,575 GHz untuk Aplikasi GPS Sistem *Quasi Zenith Sattelite*

Setelah antena selesai dirancang, maka dilakukan proses simulasi dengan menggunakan perangkat lunak CST *Microwave Studio 2014*. Dalam *Analyze Result* terdapat tiga hasil simulasi yang terdiri dari simulasi 1 D *Result*, 2 D *Result*, 3 D *Result*.

1.a. 1 D *Result*

Parameter-parameter yang disimulasikan antena pada 1D *Result* yaitu frekuensi kerja yaitu frekuensi tengah dari antena, nilai *return loss*, nilai besar *bandwidth*, dan VSWR antena. Nilai *return loss* dilihat pada frekuensi kerja antena, nilainya sudah dapat secara langsung diketahui berdasarkan frekuensi tengahnya. Sedangkan nilai *bandwidth* dilihat pada rentang frekuensi atas dan bawah atau f1 dan f2 dari antena, kemudian selisihkan nilai tersebut. Hasil simulasi *bandwidth*

juga dapat dilihat pada hasil VSWR selama nilainya sama atau dalam batasan kurang dari 2. Hasil dari 1 D *Result* ditunjukkan pada tabel 3.8.

Tabel 3.8. Simulasi 1 D *Result*

Hasil Simulasi 1D <i>Result</i>		Hasil Pengukuran
Frekuensi Kerja		
<i>Bandwidth</i>		
<i>Return loss</i>		
VSWR		

1.b. 2 D Result

Parameter-parameter yang disimulasikan antenna pada 2 D Result yaitu *E-field* dan *H-field* antenna. Nilai simulasi ini dapat menunjukkan besar axial ratio dari antenna dan menunjukkan antenna berpolarisasi melingkar atau tidak. Pada nilai *E-field* dapat menunjukkan besar axial ratio dengan membandingkan sumbu x dan sumbu y (Imatsu, Setijadi, & DEA, 2012). Untuk menghasilkan polarisasi melingkar nilai axial ratio harus kurang dari 2 sesuai dengan karakteristik antenna yang dibutuhkan. Hasil dari simulasi 2 D result untuk axial ratio ditunjukkan pada tabel 3.9.

Tabel 3.9. Hasil Nilai Axial Ratio

Efield (sumbu X)	Efield (sumbu Y)	<i>Axial Ratio</i>

1.c. 3 D Result (Hasil Simulasi Farfields Antena)

Simulasi farfield antenna menunjukkan antenna dalam performa 3 dimensi dan linier sehingga dapat dilihat sudut pada pola radiasinya. Parameter-parameter antenna yang dilihat pada penelitian pada simulasi *farfield* antenna yaitu nilai gain antenna, dan pola radiasi antenna hasil simulasi. Melalui simulasi dari pola radiasi antenna inilah dapat diketahui besar sudut phasa yang dihasilkan antenna pada nilai axial ratio 3 dB. Jika nilai yang dihasilkan adalah mendekati 90°, maka antenna berpolarisasi melingkar. Hasil simulasi dari 3 D result dapat dilihat pada tabel 3.10. Sedangkan nilai dari parameter simulasi 3 D result ditunjukkan pada tabel 3.11.

Tabel 3.10. Simulasi 3 D Result

Hasil Simulasi 3D Result	
Gain	
Pola Radiasi	

Tabel 3.11. Nilai Parameter 3D Result

Parameter	Hasil Simulasi
Gain	
Sudut Angular	
Main Lobe	

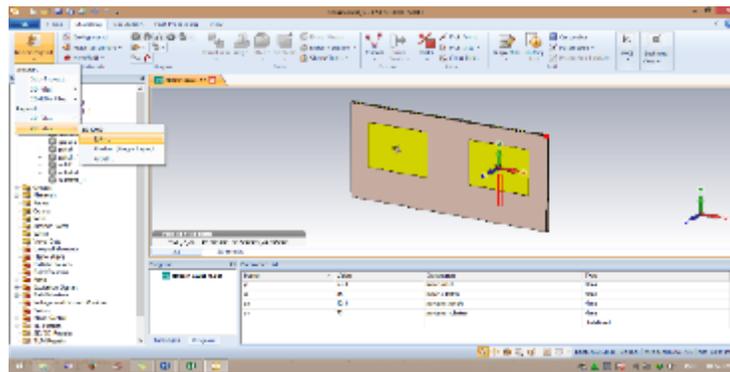
Berdasarkan hasil simulasi dan analisa, karakteristik antena sudah memenuhi kriteria yang direncanakan. Sehingga antena sudah bisa di fabrikasi dan dilakukan pengukuran untuk kembali menguji parameter-parameternya agar sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

3.3.5. Uji Coba (Fabrikasi Antena Hasil Akhir Desain)

3.3.5.1. Fabrikasi Antena

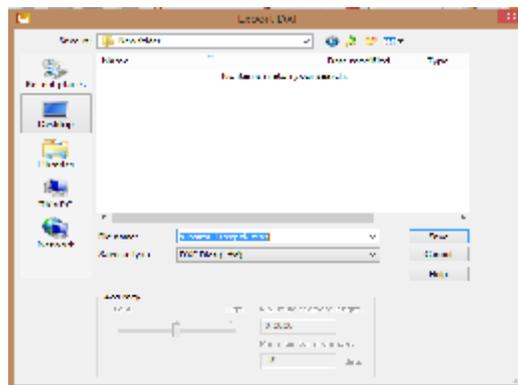
Dalam fabrikasi antena, file yang berada di aplikasi CST harus diubah menjadi file lain. Fabrikasi dilakukan menggunakan jasa pihak ketiga yaitu PT Multi Karya. Langkah pertama yang dilakukan untuk fabrikasi antena adalah mengubah *file* .cst menjadi .vsd. Tahap-tahap untuk merubah jenis *file* sebagai berikut.

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



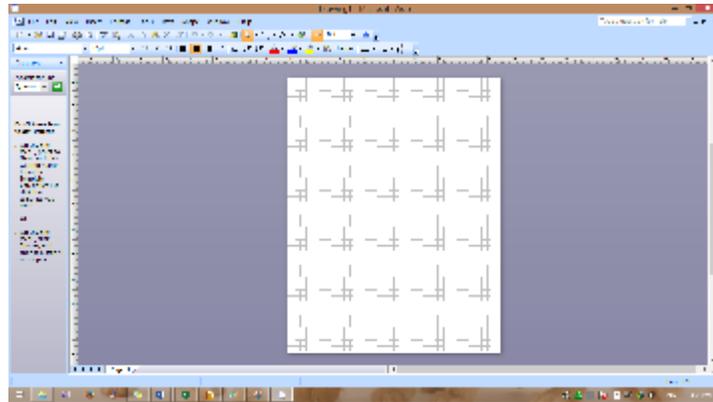
Gambar 3.6. Kotak perintah untuk merubah dalam bentuk visio

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



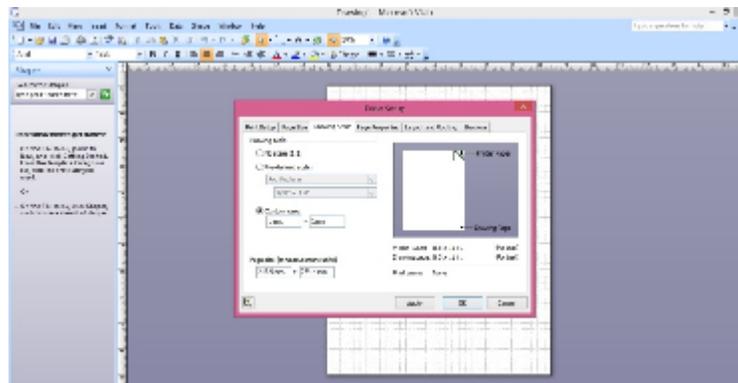
Gambar 3.7. Kotak penyimpanan file

- 3) Buka Microsoft Office Visio 2007, klik “New”.



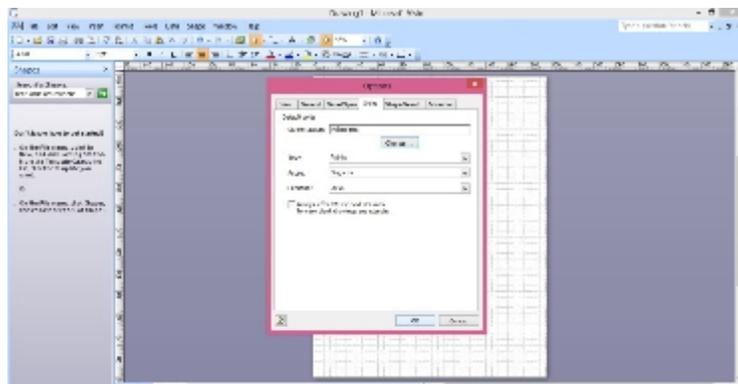
Gambar 3.8. Halaman awal Microsoft Office Visio 2007

- 4) Klik Page Setup > Drawing Scale > Custom Scale dengan ukuran 1mm = 1mm.



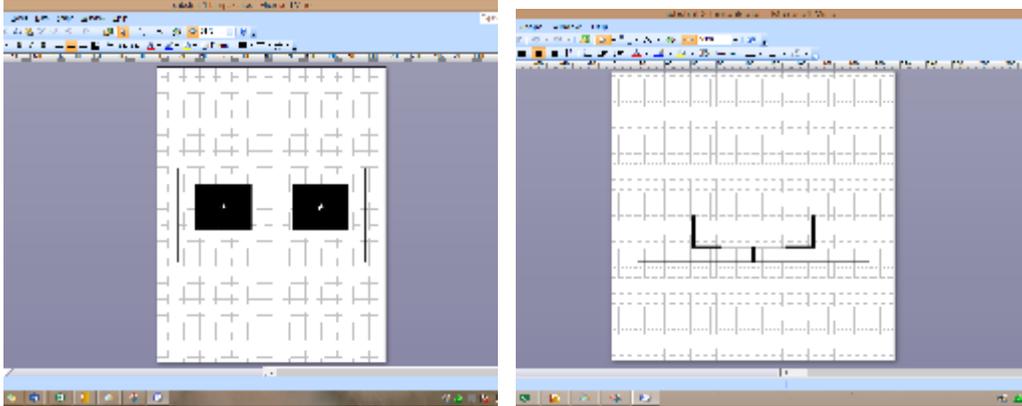
Gambar 3.9. Kotak pengubah ukuran skala yang akan digunakan

- 5) Klik Tools > Option > units > current page dengan millimeter.



Gambar 3.10. Untuk merubah satuan yang digunakan pada desain

Dalam memberikan warna dapat dengan mengklik kanan pada bagian yang akan di-*etching* > format > Fill > pilih warna kuning > enter, kemudian klik kanan kembali bagian tersebut > format > layer > all > enter. Lakukan langkah tersebut ke seluruh bagian antenna yang akan di-*etching*. Hasil yang telah diwarnai akan terlihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Desain antenna yang telah diberi warna

Setelah dibuat fabrikasinya, maka tampilan antenna mikrostrip array 2 elemen untuk aplikasi GPS sistem QZSS ditunjukkan pada tabel 3.13.

Tabel 3.12. Hasil Fabrikasi Antena

Hasil Fabrikasi Antena <i>Array</i> 2 Elemen dengan <i>Proximity Copling</i>		
	Tampak Atas	Tampak Bawah
<i>Substrat 1</i>		
	Tampak Atas	Tampak Bawah
<i>Substrat 2</i>		

3.3.5.2. Perbandingan Tampilan Desain dengan Fabrikasi Antena

Parameter yang ingin diujikan pada antena bergantung pada dimensi antena yang didesain. Hasil pengukuran antena juga bergantung pada dimensi antena setelah dilakukan fabrikasi. Jika terjadi perbedaan dimensi antara hasil desain dan hasil fabrikasi otomatis akan ada perubahan hasil parameter antara simulasi dan pengukuran. Oleh sebab itu perlu adanya analisis perbedaan hasil antena. Ada dua cara membandingkan hasil fabrikasi dengan desain. Cara pertama adalah membandingkan desain antena mikrostrip tampak depan dan tampak belakang, yang terlihat pada tabel 3.13.

Tabel 3.13 Perbandingan Tampilan Antena Desain dan Fabrikasi

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

Cara kedua adalah membandingkan berdasarkan dimensi antena. Pengukuran ini meliputi pengukuran dimensi panjang dan lebar dari *patch*, *substrat*, slot, dan jarak antar antena pada *linier array*, dan dimensi dari masing-masing saluran impedansi *T-Junction*. Hasil pengukuran dimensi antena yang telah

difabrikasi dibandingkan dengan dimensi hasil desain dengan CST *Microwave Studio* 2014, yang akan dituliskan pada tabel 3.14.

Tabel 3.14. Perbandingan Ukuran Antena Desain dan Fabrikasi

Parameter	CST <i>Microwave Studio</i> 2014		Fabrikasi	
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)
<i>Patch</i>				
<i>Substrat</i>				
Jarak Antar Elemen				
<i>Slot</i>				
Saluran 50 Ω				
Saluran 70,7 Ω				
Saluran 100 Ω				

3.3.6. Uji Coba Pemakaian (Pengukuran Antena)

Pada tahap ini dilakukan pengukuran antena mikrostrip yang telah difabrikasi dengan menggunakan perangkat keras *spectrum analyzer*. Pengukuran pada alat ukur ini meliputi pengukuran frekuensi kerja, *bandwidth*, VSWR, dan *return loss*. Dalam menggunakan alat ukur *spectrum analyzer*, harus menentukan terlebih dahulu batas frekuensi. Karena semakin lebar batas frekuensi pada saat pengukuran akan menghasilkan banyak frekuensi yang tidak dibutuhkan. Setelah itu dilakukan kalibrasi dan siap untuk melakukan pengukuran parameter antena.

3.3.6.1 Kalibrasi Alat Ukur

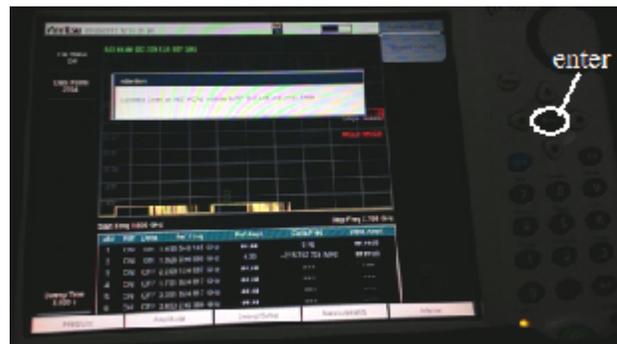
Langkah-langkah yang digunakan untuk kalibrasi *spectrum analyzer* sebagai berikut.

- 1) Tentukan rentang frekuensi yang akan digunakan, kemudian klik “Start Cal”.



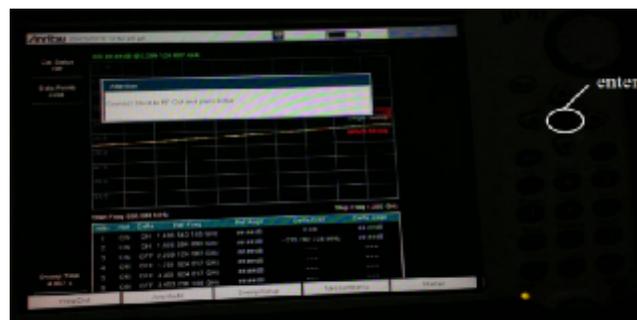
Gambar 3.14. Tampilan Awal *Spectrum Analyzer*

- 2) Hubungkan bagian *open* pada alat OSL ke port RF *out* pada *spectrum analyzer*. Setelah alat OSL bagian “Open” telah terpasang, klik enter.



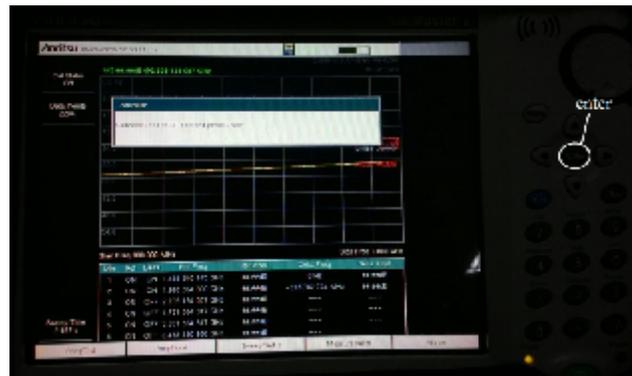
Gambar 3.15. Perintah Menghubungkan Bagian “Open”

- 3) Hubungkan bagian *short* pada alat OSL ke port RF *out* pada *spectrum analyzer*.



Gambar 3.16. Perintah Menghubungkan Bagian “Short”

- 4) Hubungkan bagian *load* pada alat OSL ke port RF *out* pada *spectrum analyzer*. Setelah alat OSL bagian “Load” telah terpasang, klik enter.



Gambar 3.17. Perintah Menghubungkan Bagian “Load”

- 5) *Spectrum analyzer* siap digunakan.

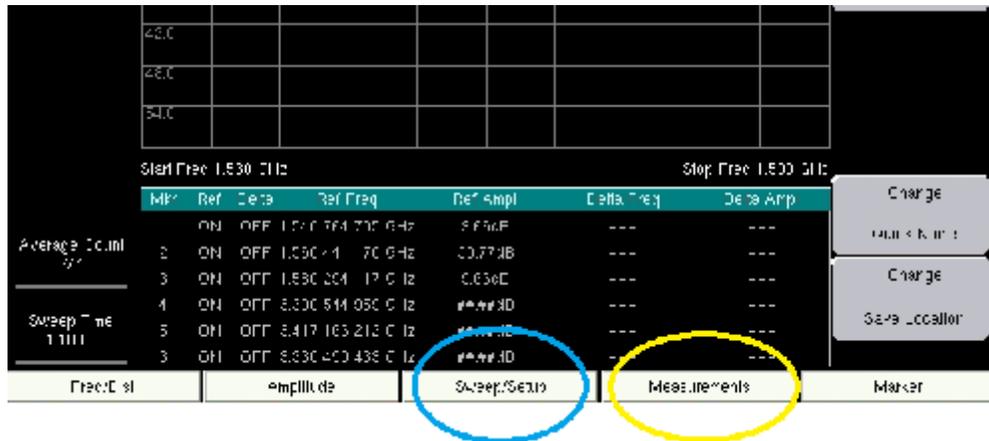
3.3.6.2 Pengukuran Antena Menggunakan Spectrum Analyzer

Dalam melakukan pengukuran, terlebih dahulu memasang batas frekuensi atas dan bawah dari antena. Dalam skripsi ini batas frekuensi saat pengukuran berkisar dari 1,530 GHz sampai 1,590 GHz. Batas frekuensi pada pengukuran ini ditunjukkan pada gambar 3.18.



Gambar 3.18. Batas Frekuensi Saat Pengukuran

Untuk menentukan parameter yang akan diukur dapat menekan tombol perintah “measurement” pada bagian bawah tampilan *spectrum analyzer*, kemudian klik bagian sweep untuk me-run hasil uji.



Gambar 3.20. Perintah pada Pengukuran Antena

Hasil parameter yang diujikan pada alat ukur *spectrum analyzer* diantaranya adalah frekuensi kerja dari antena yang diukur, *bandwidth* antena yang dapat dilihat berdasarkan batas frekuensi atas dan bawah, atau dengan menggunakan nilai VSWR dengan batasan kurang dari 2. Hasil pengukuran parameter frekuensi kerja dituliskan pada tabel 3.15.

Tabel 3.15. Pengukuran Antena Mikrostrip Berdasarkan Frekuensi Kerja

Frekuensi yang Diinginkan	Hasil Gambar	Frekuensi Hasil Pengukuran
1,575 GHz		

Setelah mengetahui besar frekuensi kerja, selanjutnya adalah mengukur besar *bandwidth* yang dapat dilihat dari dua kriteria. Kriteria pertama adalah berdasarkan batas frekuensi atas dan bawah dari antena yang ditulis pada tabel 3.16. Kriteria yang kedua berdasarkan VSWR pada batas yang ditetapkan yaitu tidak lebih dari 2 dB. Hasil VSWR dapat dilihat pada tabel 3.17 dan besar *return loss* yang ditulis pada tabel 3.18.

Tabel 3.16. Pengukuran Antena Mikrostrip Berdasarkan *Bandwidth*

<i>Bandwidth</i> yang diinginkan	Hasil Gambar	<i>Bandwidth</i> Hasil Pengukuran
Min 24 MHz		

Tabel 3.17. Pengukuran Antena Mikrostrip Berdasarkan VSWR

VSWR yang diinginkan	Hasil Gambar	VSWR Hasil Pengukuran
Maksimal 2		

Tabel 3.18. Pengukuran Antena Mikrostrip Berdasarkan *Return Loss*

<i>Return loss</i> yang diinginkan	Hasil Gambar	<i>Return Loss</i> Hasil Pengukuran
Min 20 dB		

3.3.6.3 Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran.

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah di dapatkan, dapat dibuat sebuah perbandingan hasil parameter antena. Perbandingan ini berdasarkan hasil dari simulasi menggunakan perangkat lunak CST 2014 dengan hasil pengukurannya. Parameter yang dibandingkan diantaranya adalah nilai frekuensi

kerja, *bandwidth*, *return loss* dan VSWR dari antenna. Data perbandingan parameter antenna antara hasil desain dengan hasil pengukuran ditulis pada tabel 3.19.

Tabel 3.19. Data Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran

No	Frekuensi	Nilai Return Loss		Nilai VSWR	
		Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					

35					
36					
37					

Data perbandingan parameter antara simulasi dan pengukuran pada tabel 3.19 diperlukan untuk melihat sejauh mana perbedaan besaran parameter antenna yang terjadi. Perbedaan ini diharapkan tidak terlampau jauh dan masih dalam taraf toleransi sehingga antenna masih dianggap mampu bekerja sesuai dengan fungsi aplikasinya. Sehingga dapat diambil parameter yang sesuai berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran yang ditunjukkan pada tabel 3.20.

Tabel 3.20. Parameter Antena Berdasarkan Simulasi dan Pengukuran

	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Frekuensi Kerja(MHz)		
<i>Bandwidth</i> (MHz)		
<i>Return loss</i> (dB)		
VSWR		

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Dimensi Antena Mikrostrip

4.1.1.1. Hasil Dimensi Elemen *Patch* dan *Substrat*

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan untuk mendapatkan dimensi dari elemen *patch* dan *substrat* dapat menggunakan rumus kemudian disempurnakan dengan melakukan iterasi pada aplikasi. Iterasi ini dimaksudkan untuk membuat hasil simulasi dari antena yang telah didesain menghasilkan parameter yang sesuai, karena dimensi hasil perhitungan tidak memberikan keakuratan yang baik. Hasil perhitungan dan hasil iterasi untuk dimensi antena elemen *patch* dan *substrat* dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan dan Iterasi Dimensi Antena

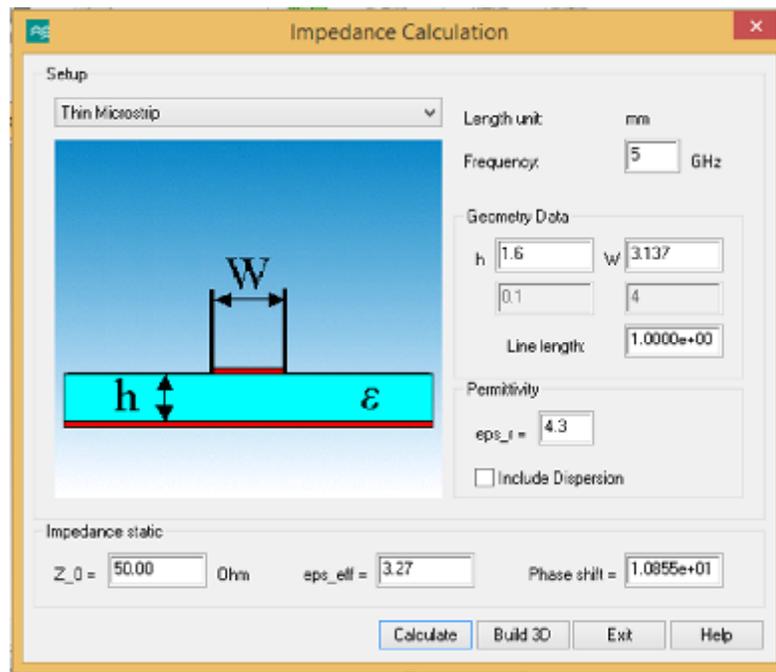
Hasil	Dimensi Elemen			
	Patch		Substrat	
	Wp (mm)	Lp (mm)	Ws (mm)	Ls (mm)
Hasil Perhitungan	58,8	46	78,8	66
Hasil Iterasi Simulasi	53,28	42,28	85	73

*keterangan = Wp (lebar *patch*), Lp (panjang *patch*), Ws (lebar *substrat*), Ls (panjang *substrat*)

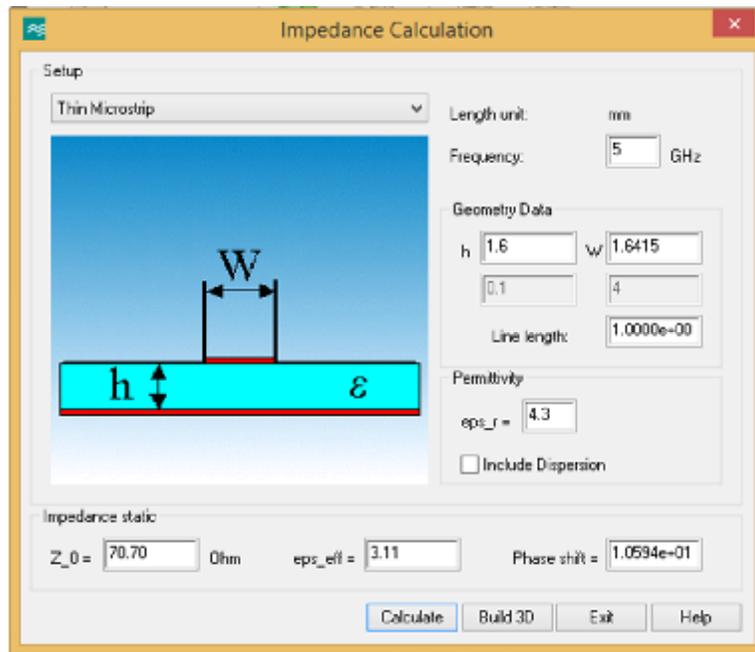
Dalam melakukan desain antena, dimensi yang dipakai adalah dimensi hasil iterasi karena sudah teruji secara simulasi menghasilkan parameter yang sesuai.

4.1.1.2. Hasil Dimensi Saluran Impedansi Pencatu

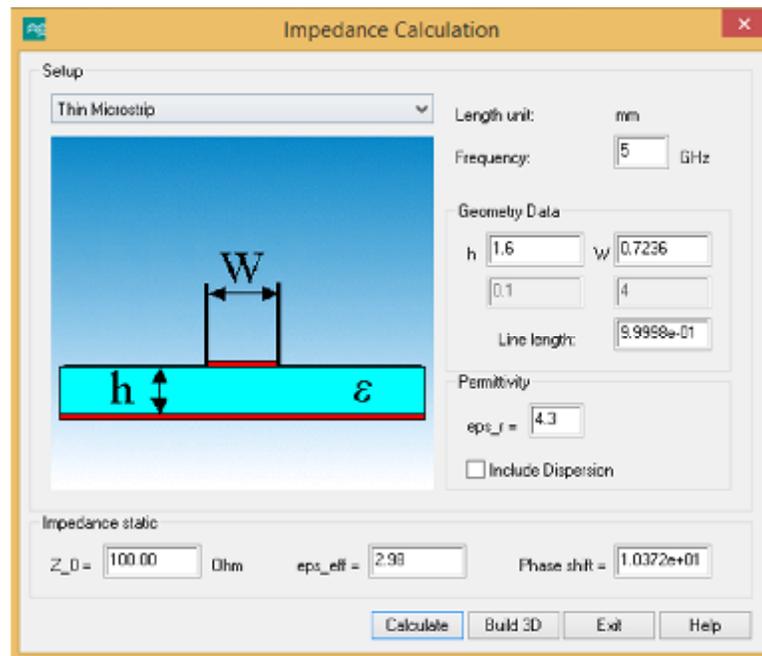
Pada skripsi ini saluran impedansi yang digunakan yaitu impedansi dengan nilai 50Ω , $70,7 \Omega$ dan 100Ω . Ketiga saluran impedansi ini memiliki lebar yang berbeda-beda. Dimensi lebar dari saluran ini dapat dihitung menggunakan rumus yang telah dijelaskan pada bab 3.3.2.4 atau dapat langsung menggunakan aplikasi dari perangkat lunak CST *studio suite*. Hasil dari perhitungan lebar saluran impedansi menggunakan perangkat lunak CST *studio suite* dapat dilihat pada gambar 4.1 untuk impedansi 50Ω , gambar 4.2. untuk impedansi $70,7 \Omega$, dan gambar 4.3 untuk impedansi 100Ω .



Gambar 4.1. Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 50Ω .

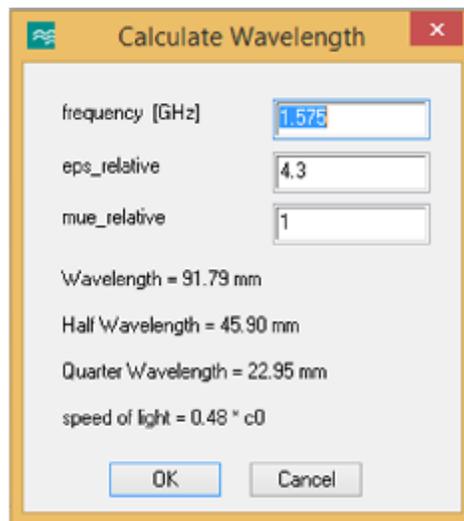


Gambar 4.2. Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 70,7 Ω .



Gambar 4.3. Hasil Perhitungan Lebar Impedansi 100 Ω .

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 λ adalah panjang gelombang dari frekuensi kerja dan dapat dicari menggunakan rumus pada bab 3.3.2.4 atau langsung dengan menggunakan perangkat lunak CST *studio suite* yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Antena

Dari pembahasan diatas, maka dapat ditentukan perbandingan hasil dimensi lebar dan panjang saluran impedansi yang ditulis pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Lebar dan Panjang Saluran Impedansi

Hasil	Saluran Pencatu			Panjang gelombang		
	50 Ω	70,7 Ω	100 Ω	λ	$\frac{1}{2} \lambda$	$\frac{\lambda}{4}$
	w (mm)			L (mm)		
Hasil Perhitungan	3,131	1,631	0,648	93,59	46,79	23,39
Hasil Iterasi Simulasi	3,137	1,6415	0,7236	91,79	45,9	22,95

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

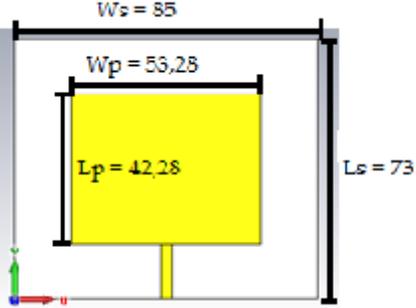
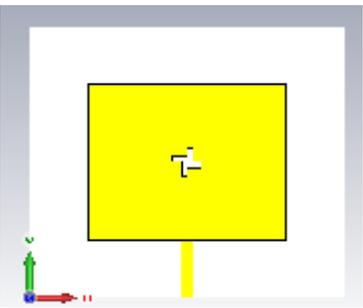
Dimensi yang akan digunakan pada proses desain adalah dimensi yang dihasilkan dari hasil iterasi simulasi menggunakan perangkat lunak CST *studio suite*.

4.1.2. Hasil Desain dan Fabrikasi Antena Mikrostrip

4.1.2.1. Hasil Desain *Single Patch* Antena

Berdasarkan dimensi antena yang sudah diketahui maka proses desain dapat dilakukan dengan menggunakan prosedur dan langkah-langkah yang telah dijelaskan pada bab 2.1.4.1. Hasil dari desain *single patch* antena yang menggunakan dimensi perhitungan, iterasi dan setelah penambahan slot yang dimensinya sudah dibahas pada bab 3.3.2.5 ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Desain *Single Patch* Antena

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

Dimensi *patch* antenna hasil iterasi terlihat lebih kecil dibandingkan dengan *patch* hasil pengukuran. Perubahan ini juga dilakukan untuk dapat membuat antenna menghasilkan frekuensi yang diinginkan sebesar 1,575 GHz. Setelah hasil desain iterasi telah sesuai maka ditambahkan slot yang menjadi potensi antenna untuk menghasilkan polarisasi melingkar.

4.1.2.2. Hasil Desain Antena *Array 2 Elemen dengan T-Junction*

Setelah desain *single patch* didapatkan, selanjutnya adalah mendesain antenna *linier array 2 elemen*. Bentuk *T-Junction* yang digunakan menggunakan impedansi saluran 50 Ω , 70,7 Ω dan 100 Ω dengan bentuk yang telah dijelaskan pada bab 3.3.2.4. Hasil desain antenna *linier Array 2 Elemen dengan T-Junction* dapat dilihat pada tabel 4.4.

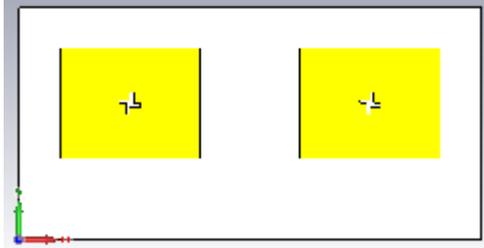
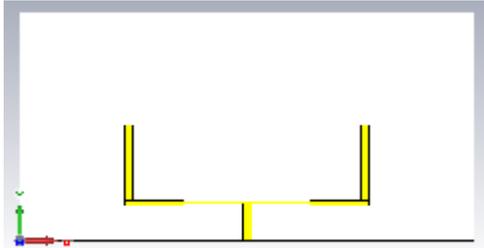
Tabel 4.4. Hasil Desain Antena *Array 2 Elemen dengan T-Junction*

Desain Antena <i>Array 2 Elemen dengan T-Junction</i>	
Tampak Atas	
Tampak Bawah (Ground)	

4.1.2.3. Hasil Desain Antena *Array* dengan Pencatuan *Proximity Copling*

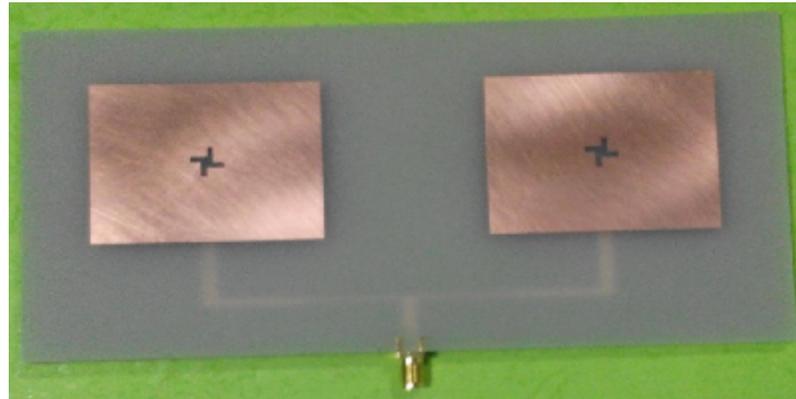
Pada hasil desain antena *array* pencatuan saluran impedansi dari 50Ω langsung mengenai peradiasi atau *patch* dari antena, artinya desain pada tabel 4.4 masih menggunakan teknik pencatuan langsung. Pada skripsi ini teknik pencatuan yang digunakan adalah teknik pencatuan tidak langsung dimana saluran impedansi 50Ω tidak menyentuh *patch* secara langsung melainkan disatukan secara elektromagnetik dengan dua buah substrat yang berbeda, inilah yang disebut dengan teknik pencatuan *proximity copling*. Hasil desain antena *array* dengan pencatuan *proximity copling* dapat dilihat tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil Desain Antena *Array* dengan Pencatuan *Proximity Copling*

Hasil Desain Antena <i>Array</i> 2 Elemen dengan <i>Proximity Copling</i>			
		Tampak Atas	Tampak Bawah
Substrat 1			
Substrat 2			

4.1.2.4. Hasil Fabrikasi Antena

Fabrikasi dilakukan menggunakan jasa pihak ketiga yaitu PT Multi Karya. Langkah-langkah melakukan fabrikasi ini sudah dibahas sebelumnya pada bab 3.3.5.1. Hasil dari fabrikasi antena dapat dilihat pada gambar 4.5.

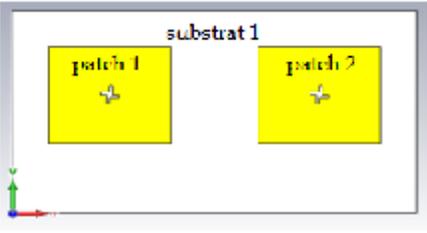
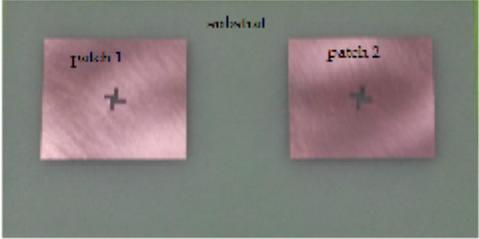
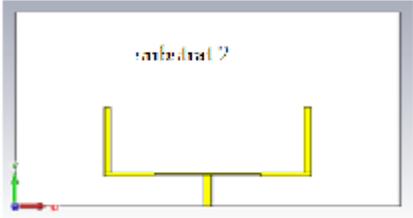
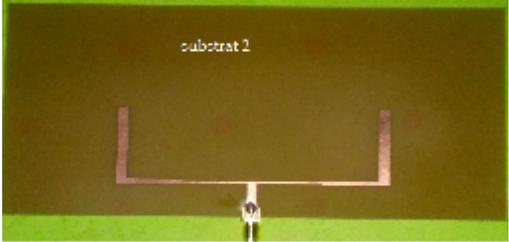


Gambar 4.5. Hasil Fabrikasi Antena

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 4.6.

Tabel 4.6. Perbandingan Hasil Desain dengan Hasil Fabrikasi Antena

Hasil Desain Antena <i>Array</i> 2 Elemen dengan <i>Proximity Coupling</i>		
	Hasil Desain	Hasil Fabrikasi
Substrat 1 (tampak atas)		
Substrat 2 (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 antena hasil fabrikasi menggunakan alat ukur mistar sehingga diperoleh ukuran dimensinya. Setelah dilakukan pengukuran dengan menggunakan mistar akan terlihat perbedaan dimensi antena antara hasil fabrikasi dengan hasil desain dengan software seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Perbandingan Dimensi Hasil Desain dan Simulasi

Parameter	CST <i>Microwave</i> Studio 2014		Fabrikasi	
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)
<i>Patch</i>	4,22	5,32	4,3	5,4
<i>Substrat</i>	8,82	17,67	8,8	17,6
Jarak Antar Elemen	3,85	-	3,8	-
<i>Slot</i>	0,4	1,5	0,4	1,5
Saluran 50 Ω	1,4	0,31	1,4	0,3
Saluran 70,7 Ω	2,29	0,16	2,3	0,2
Saluran 100 Ω	4,9	0,07	4,9	0,1

Berdasarkan tabel 4.7 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 pengukuran tidak terlalu jauh berbeda dengan parameter hasil pengukuran.

4.1.3. Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena

4.1.3.1. 1 D 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 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Simulasi 1D Result

Hasil Simulasi 1D Result		Hasil Pengukuran
Frekuensi Kerja		$F_c = 1,575$ GHz
Bandwidth		$F_1 = 1,551$ $F_2 = 1,597$ Bandwidth 46 MHz
Return loss		$RL = 23,89$ dB
VSWR		$VSWR = 1,13$

4.1.3.2. 2 D Result

Parameter-parameter yang disimulasikan antenna pada 2 D Result yaitu *E-field* dan *H-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 4.6.

e-field (f=1.575) [1] (peak)		e-field (f=1.575) [1] (peak)	
Component:	X	Component:	Y
3D Maximum [V/m]:	65,2 dE	3D Maximum [V/m]:	70,04 dB
Frequency:	1,575	Frequency:	1,575
Phase:	07,5	Phase:	07,5

Gambar 4.6. Hasil sumbu X dan Y pada *E-field*

Berdasarkan gambar 4.6 maka nilai axial ratio dari antenna dapat ditulis pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil Nilai *Axial Ratio*

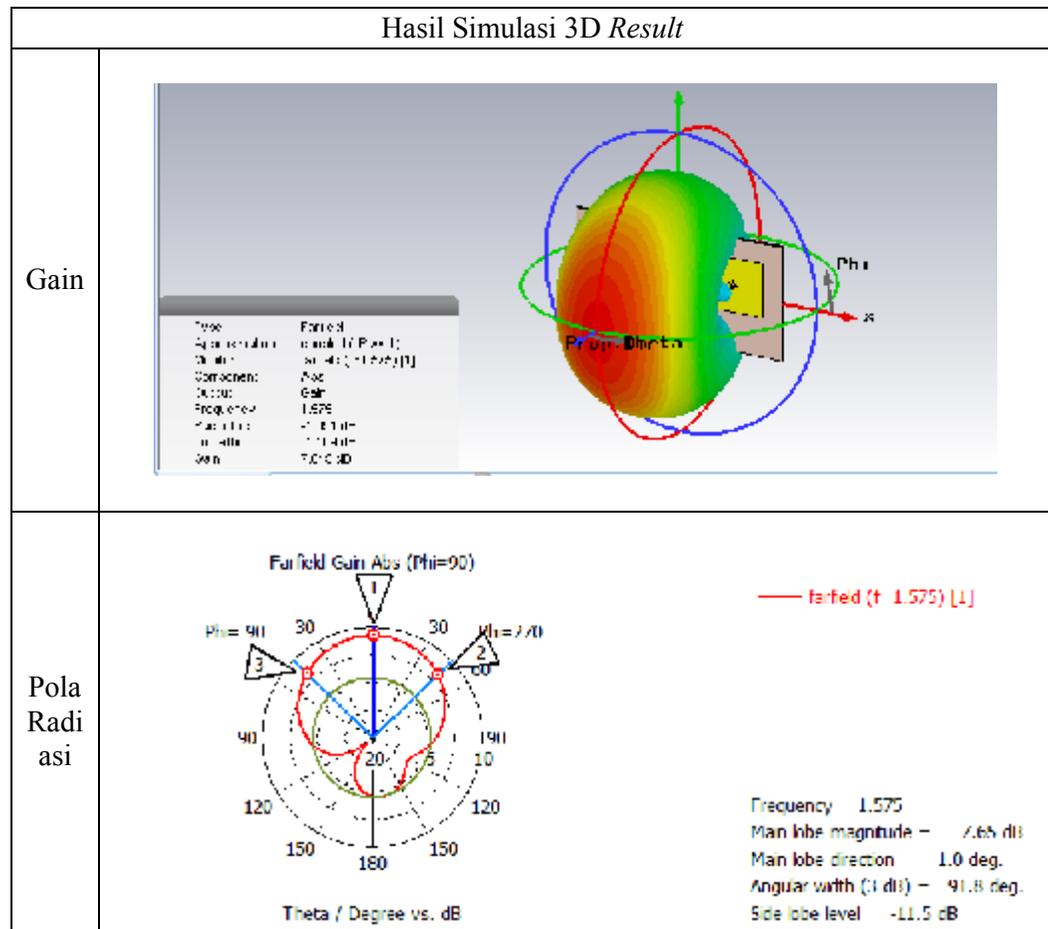
Efield (sumbu X)	Efield (sumbu Y)	<i>Axial Ratio</i>
65,2 dB	70,04 dB	0,93 dB

Nilai axial ratio yang didapat pada hasil simulasi antenna menunjukkan nilai 0,93 dB yang berarti antenna hasil desain berpolarisasi melingkar.

4.1.3.3. 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 4.10. Nilai dari hasil simulasi ditunjukkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.10. Hasil Simulasi 3 D Result



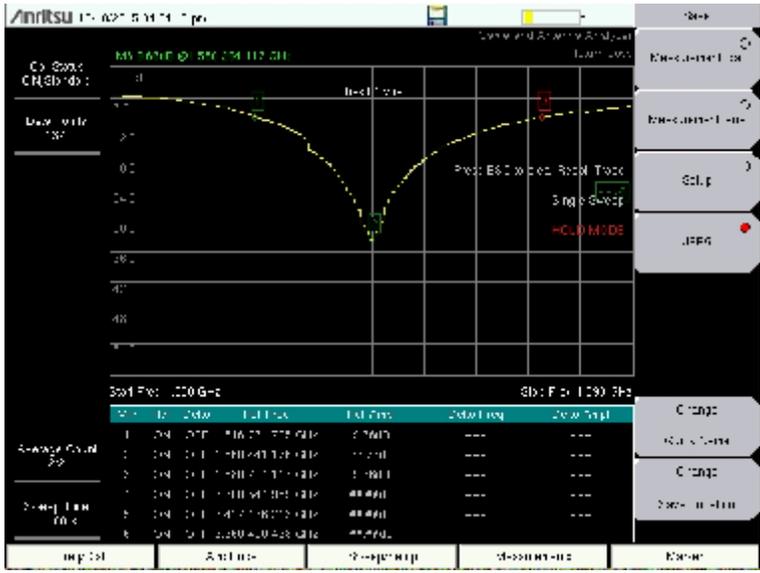
Tabel 4.11. Hasil Nilai Simulasi 3 D Result

Parameter	Hasil Simulasi
Gain	7,645 dB
Sudut Angular	91,8 derajat
Main Lobe	7,64 dB

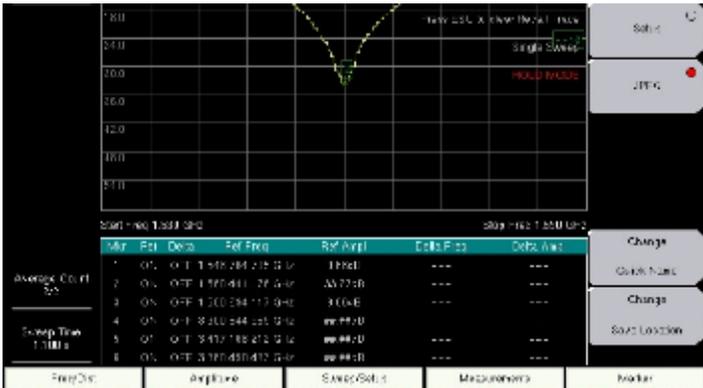
4.1.3.4. Hasil Pengukuran Antena

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 tabel 4.12 untuk parameter frekuensi kerja antenna. Tabel 4.13 untuk parameter *return loss*, tabel 4.14 untuk parameter *bandwidth* dan tabel 4.15 untuk parameter VSWR.

Tabel 4.12. Hasil Frekuensi Pengukuran Antena

Frekuensi yang Diinginkan	Hasil Gambar	Frekuensi Hasil Pengukuran
1,575 GHz		$f_1 = 1,548$ $f_2 = 1,578$ $f_c = 1,560$

Tabel 4.13. Hasil *Return Loss* Pengukuran Antena

<p>Return loss yang diinginkan</p>	<p>Hasil Gambar</p>	<p>Return Loss Hasil Pengukuran</p>																																																	
<p>Min 10 dB</p>	 <table border="1" data-bbox="461 646 1164 815"> <thead> <tr> <th>Chan</th> <th>Port</th> <th>Delta</th> <th>Ref Freq</th> <th>Ref Impd</th> <th>Calc Fct</th> <th>Calc Imp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.578 284 212 GHz</td> <td>100ohm</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.578 481 212 GHz</td> <td>100ohm</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.578 684 212 GHz</td> <td>100ohm</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.578 884 212 GHz</td> <td>100ohm</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.579 084 212 GHz</td> <td>100ohm</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.579 284 212 GHz</td> <td>100ohm</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>	Chan	Port	Delta	Ref Freq	Ref Impd	Calc Fct	Calc Imp	1	ON	OFF	1.578 284 212 GHz	100ohm	---	---	2	ON	OFF	1.578 481 212 GHz	100ohm	---	---	3	ON	OFF	1.578 684 212 GHz	100ohm	---	---	4	ON	OFF	1.578 884 212 GHz	100ohm	---	---	5	ON	OFF	1.579 084 212 GHz	100ohm	---	---	6	ON	OFF	1.579 284 212 GHz	100ohm	---	---	<p>RL frekuensi kerja = 30,77 dB</p>
Chan	Port	Delta	Ref Freq	Ref Impd	Calc Fct	Calc Imp																																													
1	ON	OFF	1.578 284 212 GHz	100ohm	---	---																																													
2	ON	OFF	1.578 481 212 GHz	100ohm	---	---																																													
3	ON	OFF	1.578 684 212 GHz	100ohm	---	---																																													
4	ON	OFF	1.578 884 212 GHz	100ohm	---	---																																													
5	ON	OFF	1.579 084 212 GHz	100ohm	---	---																																													
6	ON	OFF	1.579 284 212 GHz	100ohm	---	---																																													

Tabel 4.14. Hasil *Bandwidth* Pengukuran Antena

<p>Bandwidth yang diinginkan</p>	<p>Hasil Gambar</p>	<p>Bandwidth Hasil Pengukuran</p>																																																	
<p>Min 10 MHz</p>	 <table border="1" data-bbox="465 1540 1123 1695"> <thead> <tr> <th>Chan</th> <th>Port</th> <th>Delta</th> <th>FULL Trk</th> <th>Fct Freq</th> <th>Calc Freq</th> <th>Calc Span</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.578 284 212 GHz</td> <td>1.578 GHz</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.578 481 212 GHz</td> <td>1.578 GHz</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.578 684 212 GHz</td> <td>1.578 GHz</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.578 884 212 GHz</td> <td>1.578 GHz</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.579 084 212 GHz</td> <td>1.578 GHz</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> <td>1.579 284 212 GHz</td> <td>1.578 GHz</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>	Chan	Port	Delta	FULL Trk	Fct Freq	Calc Freq	Calc Span	1	ON	OFF	1.578 284 212 GHz	1.578 GHz	---	---	2	ON	OFF	1.578 481 212 GHz	1.578 GHz	---	---	3	ON	OFF	1.578 684 212 GHz	1.578 GHz	---	---	4	ON	OFF	1.578 884 212 GHz	1.578 GHz	---	---	5	ON	OFF	1.579 084 212 GHz	1.578 GHz	---	---	6	ON	OFF	1.579 284 212 GHz	1.578 GHz	---	---	<p>f2 = 1,578 - f1 = 1,548 = 30 MHz</p>
Chan	Port	Delta	FULL Trk	Fct Freq	Calc Freq	Calc Span																																													
1	ON	OFF	1.578 284 212 GHz	1.578 GHz	---	---																																													
2	ON	OFF	1.578 481 212 GHz	1.578 GHz	---	---																																													
3	ON	OFF	1.578 684 212 GHz	1.578 GHz	---	---																																													
4	ON	OFF	1.578 884 212 GHz	1.578 GHz	---	---																																													
5	ON	OFF	1.579 084 212 GHz	1.578 GHz	---	---																																													
6	ON	OFF	1.579 284 212 GHz	1.578 GHz	---	---																																													

Tabel 4.15 Hasil VSWR Pengukuran Antena

VSWR yang diinginkan	Hasil Gambar	VSWR Hasil Pengukuran
Maksimal 2 dB		VSWR frekuensi tengah 1,04

4.1.3.5. Perbandingan Parameter Hasil Simulasi dan Pengukuran

Hasil parameter yang diujikan berdasarkan hasil simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak CST 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 4.16.

Tabel 4.16. Data Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran

No	Frekuensi	Nilai Return Loss		Nilai VSWR	
		Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran
1	1.548	-	-10.37	1.99	1.78
2	1.55	-	-11.63	1.97	1.68
3	1.551	-9.73	-12.3	1.97	1.61
4	1.552	-10.02	-13.03	1.87	1.51
5	1.553	-10.37	-16.15	1.82	1.35
6	1.554	-10.7	-17.2	1.77	1.29

7	1.555	-11.06	-18.34	1.73	1.25
8	1.556	-11.44	-19.86	1.68	1.18
9	1.557	-11.84	-22.74	1.64	1.13
10	1.558	-12.27	-25.06	1.6	1.1
11	1.559	-12.73	-28.06	1.56	1.06
12	1.56	-13.2	-30.77	1.51	1.04
13	1.561	-13.71	-31.51	1.47	1.06
14	1.562	-14.25	-27.34	1.44	1.09
15	1.563	-14.87	-24.48	1.4	1.13
16	1.564	-15.46	-21.6	1.36	1.18
17	1.565	-16.16	-20.13	1.33	1.22
18	1.566	-16.87	-18.9	1.29	1.26
19	1.567	-17.65	-17.54	1.26	1.31
20	1.568	-18.48	-15.97	1.23	1.38
21	1.57	-20.31	-14.68	1.18	1.45
22	1.571	-21.37	-13.88	1.16	1.51
23	1.573	-23	-12.55	1.15	1.62
24	1.575	-23.89	-11.7	1.13	1.7
25	1.577	-23.13	-10.76	1.14	1.82
26	1.58	-20.39	-9.66	1.21	1.98
27	1.581	-19.41	-	1.23	-
28	1.582	-18.53	-	1.27	-
29	1.583	-16.7	-	1.32	-
30	1.585	-15.51	-	1.4	-
31	1.586	-15.43	-	1.44	-
32	1.588	-14.19	-	1.52	-
33	1.59	-13.08	-	1.61	-
34	1.592	-12	-	1.7	-
35	1.594	-11.27	-	1.8	-
36	1.596	-10.49	-	1.8	-
37	1.598	-9.8	-	1.8	-

4.2. Analisis dan Pembahasan Hasil Antena

4.2.1. Analisis Parameter Antena

Parameter antena yang diujikan secara simulasi pada skirpsi ini adalah gain dan polarisasi antena. Pada tabel 3.1, diberikan spesifikasi antena yang dibutuhkan yaitu gain minimal 4 dB dan polarisasi antena melingkar. Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 4.10 antena menghasilkan gain sebesar 7,645 dB dan sudut

phasa sebesar 91,8 derajat. Sudut phasa ini menentukan antenna berpolarisasi melingkar karena untuk menghasilkan polarisasi melingkar, antenna harus memiliki sudut phasa sebesar 90 derajat. Selain itu, untuk menghasilkan polarisasi melingkar, antenna harus memiliki nilai axial ratio kurang dari 2 dB sesuai spesifikasi antenna pada datasheet. Pada tabel 4.9 axial ratio yang dihasilkan sebesar 0,98 dB dan hal ini membuktikan bahwa antenna sudah berpolarisasi melingkar.

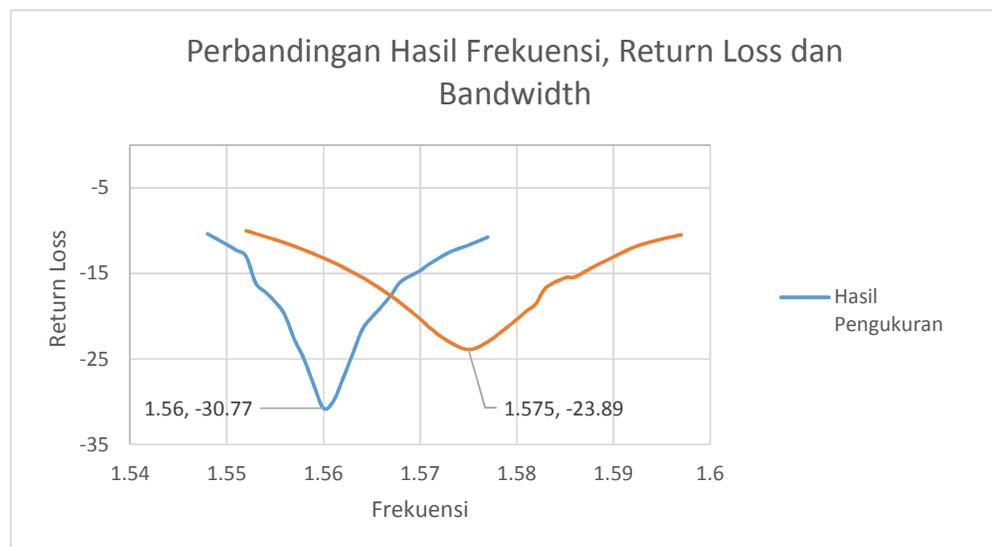
Parameter antenna yang diujikan secara simulasi dan pengukuran diantaranya frekuensi kerja, *return loss*, *bandwidth* dan VSWR. Dalam karakteristik antenna pada tabel 3.1 disebutkan bahwa antenna harus memiliki frekuensi kerja pada 1,575 GHz, *bandwidth* minimal 10 MHz, *return loss* minimal 10 dB dan VSWR maksimal 2. Perbedaan hasil parameter menggunakan simulasi dan pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.17.

Tabel 4.17. Perbandingan Hasil Parameter Simulasi dan Pengukuran

	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Frekuensi (MHz)	1,575 (1,551-1,597) GHz	1,560 (1,548-1,578) GHz
Bandwidth (MHz)	46 MHz	30 MHz
Return loss (dB)	23,89 dB	30,77 dB
VSWR	1,13	1,04

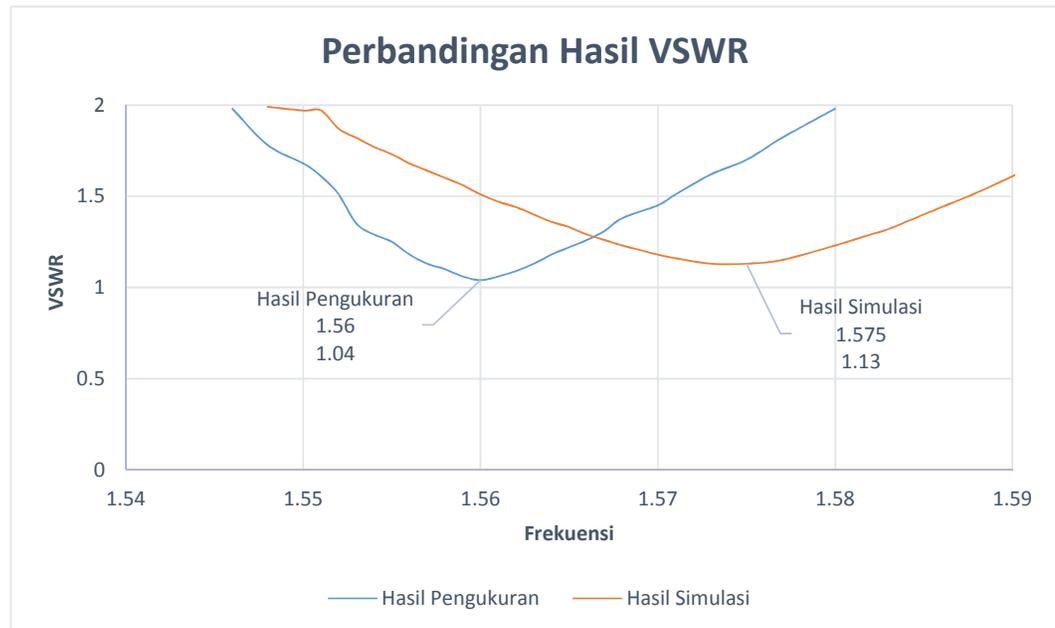
Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan oleh tabel 4.17, secara simulasi antenna sudah memancarkan frekuensi kerja 1,575 GHz, nilai *bandwidth* sebesar 46 MHz dengan rentang frekuensi $f_1 = 1,551$ GHz dan $f_2 = 1,597$ GHz. Nilai *return loss* 23,89 dB dan VSWR pada frekuensi kerja sebesar 1,13. Dari hasil ini sudah dapat dibuktikan bahwa antenna sudah memenuhi karakteristik parameternya secara

simulasi. Namun, parameter ini juga dapat dibuktikan dengan uji pengukuran menggunakan alat ukur *spectrum analyzer*. Hasil parameter antenna berdasarkan pengukuran mengalami beberapa perubahan nilai. Hasil pengukuran ini diantaranya frekuensi kerja antenna yang bergeser lebih kecil menjadi 1,560 GHz, nilai *bandwidth* yang lebih kecil hanya 30 MHz dengan rentang frekuensi $f_1 = 1,548$ GHz dan $f_2 = 1,578$ GHz. Namun, nilai lainnya seperti *return loss* dan VSWR lebih baik dari hasil simulasi, *return loss* lebih besar menjadi 30,77 dB dan VSWR menjadi lebih kecil 1,04. Perbedaan hasil ini dituliskan dalam menjadi perbandingan grafik seperti pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Parameter Simulasi dan Pengukuran

Berdasarkan gambar 4.7 dapat dilihat perbedaan antara hasil simulasi yang berwarna merah dengan hasil pengukuran yang berwarna biru. Perbandingan parameter lainnya dari hasil simulasi dan pengukuran adalah VSWR yang disajikan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Grafik Perbandingan VSWR Hasil Simulasi dan Pengukuran

Berdasarkan gambar 4.8 hasil VSWR pada frekuensi tengah tidak jauh berbeda. Pada hasil simulasi yang ditunjukkan warna merah, pada frekuensi kerja 1,575 VSWR yang dihasilkan sebesar 1,13. Sedangkan hasil pengukuran pada frekuensi tengah 1,560 GHz VSWR yang dihasilkan sebesar 1,04. Kedua hasil parameter ini masih memenuhi syarat antenna yang dapat bekerja dengan baik, karena nilai VSWR tidak boleh lebih dari 2. Namun yang menjadi perlu diperhatikan adalah perbedaan frekuensi tengah. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya :

- 1) Dimensi antenna yang tidak presisi antara hasil desain dan fabrikasi. Dimensi hasil fabrikasi mengalami beberapa penambahan dari ukuran yang sebenarnya.

Dalam desain, untuk menghasilkan frekuensi yang diinginkan perlu dilakukan iterasi pada dimensi antenanya, sehingga saat terjadi perbedaan ukuran, maka akan menyebabkan perbedaan hasil dari frekuensi kerjanya. Perbedaan ini maka memunculkan persentasi eror pada dimensi antenna. Persentasi eror ini dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18. Perbandingan Hasil Parameter Simulasi dan Pengukuran

Parameter	CST Microwave Studio 2014		Fabrikasi		Persentasi error (%)	
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)
<i>Patch</i>	4,22	5,32	4,3	5,4	1,89%	1,5%
<i>Substrat</i>	8,82	17,67	8,8	17,6	0,2%	0,39%
Jarak Antar Elemen	3,85	-	3,8	-	1,29%	-
<i>Slot</i>	0,4	1,5	0,4	1,5	0%	0%
Saluran 50 Ω	1,4	0,31	1,4	0,3	0%	3,2%
Saluran 70,7 Ω	2,29	0,16	2,3	0,2	0,4 %	2%
Saluran 100 Ω	4,9	0,07	4,9	0,1	0%	4,2%
Jumlah (%)					3,78%	11,29%

Dari tabel 4.18 dilihat bahwa persentasi error pada lebar antenna sebesar 3,78% yang nilainya akan mempengaruhi hasil frekuensi antenna, ditambah lagi dengan perbedaan dari dimensi panjang antenna yang mencapai 11,29% yaitu

mencapai sepersepuluh dari hasil yang diharapkan, maka penurunan hasil frekuensi kerja dapat terjadi.

- 2) faktor kedua yang bisa menyebabkan perbedaan hasil parameter antenna adalah nilai konstanta dielektrik dari substrat. Nilai yang dimasukkan pada perhitungan dan simulasi adalah sebesar 4,3 namun pada fabrikasi nilai tersebut tidak dapat dibuktikan apakah pcb yang digunakan benar memiliki nilai konstanta dielektrik 4,3.
- 3) Faktor error lainnya adalah ketidakstabilan medan pada saat proses pengukuran. Dalam pengukuran antenna, dibutuhkan sebuah ruangan khusus bernama anechoic chamber. Anechoic Chamber adalah ruangan yang kedap dengan suara dan dapat meminimalkan refleksi (pantulan) dari sebuah ruangan. Sementara refleksi merupakan faktor yang harus memiliki nilai sangat kecil atau bahkan tidak ada sama sekali karena dengan adanya refleksi maka daya yang dipancarkan antenna akan direfleksikan kembali sehingga menimbulkan rugi-rugi (return loss) yang besar. Dalam ruangan ini, gelombang yang dihasilkan antenna menghasilkan panjang gelombang sesuai hubungan $\lambda = v/f$. Panjang gelombang yang dihasilkan dilindungi dan diserap sempurna oleh bentuk kerucut yang terdapat di setiap dinding ruangan sehingga tidak adanya refleksi antenna. Sedangkan pada prakteknya, penelitian ini dilakukan di ruangan biasa dengan banyak dipengaruhi refleksi dari benda-benda sekitarnya sehingga memunculkan nilai frekuensi yang berbeda.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada skripsi ini peneliti mendesain, membuat, dan mengukur antenna mikrostrip segiempat *linier array* dengan teknik pencatuan *proximity coupling* frekuensi 1,575 GHz untuk aplikasi GPS sistem *Quasi Zenith Satellite*. Parameter yang diujikan secara simulasi diantaranya Gain dan Polarisasi antenna. Sedangkan parameter yang diujikan melalui simulasi dan pengukuran adalah nilai *return loss* nilai *bandwidth* dan VSWR. Dalam desain, menggunakan perangkat lunak CST microwave studio 2014 dalam pembuatan (fabrikasi) menggunakan pihak ketiga yaitu Multi Karya dan dalam pengukuran antenna menggunakan alat ukur spectrum analyzer. Dalam pembuatan antenna mikrostrip ini, untuk mendesain antenna yang memiliki polarisasi melingkar dapat menggunakan teknik pemberian slot pada *patch* antenna. Sedangkan untuk mendesain antenna menghasilkan gain yang besar dapat menggunakan teknik *linier array*. Teknik pencatuan yang dilakukan menggunakan metode teknik pencatuan *proximity coupling* dimana *patch* dan saluran transmisi diletakan pada substrat yang berbeda. Teknik ini dilakukan untuk membuat agar antenna menghasilkan impedansi masukan yang baik sehingga memunculkan sedikit rugi-rugi atau *return loss* yang kecil sehingga antenna dapat bekerja dengan baik. Namun, karena beberapa faktor diantaranya faktor error hasil dimensi fabrikasi yang sedikit berbeda dengan desain, nilai konstanta dielektrik dan penggabungan substrat yang tidak sempurna, pensolderan yang kurang baik dan

pengaruh dari lingkungan saat pengukuran sehingga memunculkan perbedaan hasil parameter antena dari hasil simulasi dan pengukuran.

5.2. Saran

- 1) Pada penelitian selanjutnya diharapkan parameter gain dan polarisasi antena dapat dibuktikan melalui pengukuran dengan alat ukur yang sesuai sehingga dapat dibuat perbandingan yang nyata.
- 2) Pada proses desain diharapkan dapat menggunakan angka pembulatan sehingga hasil pada proses fabrikasi dapat tepat sesuai dengan ukuran hasil desain.
- 3) Perhatikan kondisi lingkungan dan kondisi alat ukur untuk menghasilkan parameter antena hasil pengukuran yang sesuai dengan hasil simulasi dan tidak menimbulkan perbedaan yang besar sehingga antena layak untuk diaplikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, Mudrik. 2011. *Antena Prinsip Dan Aplikasi*. pertama. Jakarta: Graha Ilmu.
- Amirullah, Lestari. 2008. “Rancang Bangun Antena Mikrostrip derngan Menggunakan Teknik Defected Ground Structure (DGS) bentuk Dumbbell Square-Head pada Patch Segitiga Array Linier” Universitas Indonesia.
- Anritsu. 2013. *Site Master Transmission Line and Site Analyzer*.
- Anritsu. n.d. “The Basis of Spectrum Analyzer.”
- Bakara, Jakondar. 2011. “Perkembangan Sistem Satelit Navigasi Global” *Berita Dirgantara*, 38–47.
- Constantie A Balanis. 1997. *Antena Theory : Analysis and Design*. USA: John Willey and Sons inc.
- Departemen Pendidikan Nasional, Pusat Bahasa. 2008. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta.
- Dr. Arguirre, Jerry. 2012. “3D EM Electromagnetic CST STUDIO SUITE.” 1.
- Eda, E. 2012. “CST STUDIO SUITE 2012.”
- Hidayat, Taufal, Fitri Yuli Zulkifli, and Eko Tjipto Rahardjo. 2013. “Bandwidth and Gain Enhancement Of Proximity Coupled Microstrip Antenna Using Side Parasitic Patch.” (March):95–98.
- Imatsu, Ongga, Eko Setijadi, and Wirawan DEA. 2012. “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Pada Frekuensi GPS L1 Berbasis Sistem Transfer Daya Nirkabel.” *TEKNIK POMITS* 1(1):1–6.
- Ishijima, Yoshiyuki, Noriyasu Inaba, Akihiro Matsumoto, and Koji Terada. 2009. *Design and Development of the First Quasi-Zenith Satellite Attitude and Orbit Control System*. Japan.
- Iwata, Toshiaki, Takashi Matsuzawa, Kumiko Machita, and Akiyoshi Abei. 2011. “Remote Synchronization Experiments for Quasi-Zenith Satellite System Using Multiple Navigation Signals as Feedback Control.” *International Journal of Navigation and Observation* 2011:10.
- Jogiyanto. 2005. *Analisis Dan Desain*. Yogyakarta: Andi.
- Nugroho, Dudi. 2012. “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Pada Frekuensi 2,6 GHz Untuk Wireless Communication Pada Quasi Zenith Satellite.”

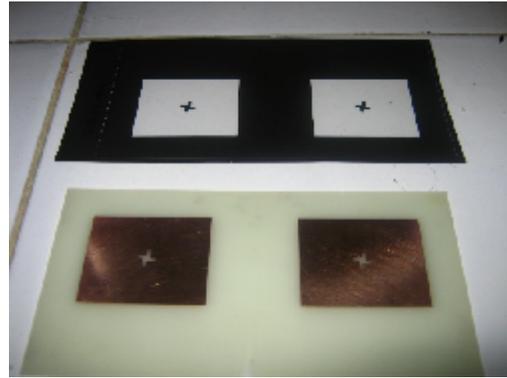
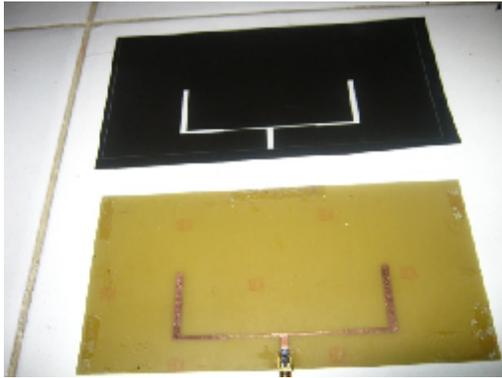
- Pelawi, Denny Osmond and Ali Hanafiah Rambe. 2013. "*MENGGUNAKAN ANSOFT.*" Universitas Sumatera Utara (USU).
- Presti, Letizia Lo, By Carles Ferna, and Emanuela Falletti. 2011. "*Satellite Radiolocalization From GPS to GNSS and Beyond : Novel Technologies and Applications for Civil Mass Market.*" 99.
- Prof.Dr.Sugiyono. 2010. *METODE PENELITIAN PENDIDIKAN (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D)*. 10th ed. Bandung: Alfabeta.
- Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia). 2013. "*Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*"13.
- Rambe, A. L. I. Hanafiah. 2008. "*Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat Planar Array 4 Elemen dengan Pencatuan Aperture-Coupled.*" UNIVERSITAS INDONESIA.
- Sakai, T., S. Fukushima, and K. Ito. 2011. "*QZSS LI-SAIF.*" 35.
- Sandi, Efri. 2012. *Buku Ajar Antena Dan Propagasi Gelombang*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Surjati, Indra. 2010. *Antena Mikrostrip : Konsep Dan Aplikasinya*. Jakarta: Universitas Trisakti.

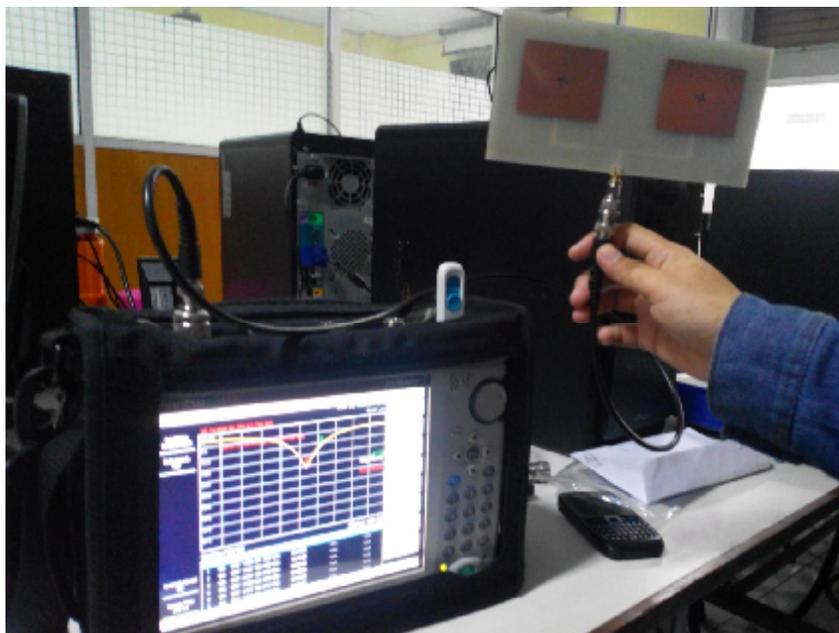
LAMPIRAN

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

FOTO KEGIATAN PENELITIAN





Pengalaman Kerja

Praktek Kerja di : Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian Fisika

Periode : Januari – Februari 2013

Posisi : Mahasiswa Praktek

Rincian Pekerjaan:

- Melakukan penelitian
- Membuat laporan hasil penelitian

Praktek Mengajar di : SMK Negeri 39 Jakarta

Periode : Agustus – November 2014

Posisi : Asisten Pengajar Mapel Teknik Pemrograman Kelas X 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

Pengajar di : Bimbingan Belajar Primagama Cabang Kalimalang

Periode : Oktober 2015 – Sekarang

Posisi : *I-Smart Grade C* Pelajaran Fisika

Demikian biodata diri ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 25 Januari 2016
Hormat saya,

Novi Wahyuni

LAMPIRAN 3

DATASHEET ANTENA GPS (PDF)