

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA WIDEBAND MICROSTRIP
U SLOT DENGAN SLOT TAMBAHAN**

**S K R I P S I
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

KARTIKA

NIM. 0610630056-63

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

2010

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA WIDEBAND MICROSTRIP
U SLOT DENGAN SLOT TAMBAHAN**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

KARTIKA

NIM. 0610630056-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

M. Fauzan Edy P., ST., MT.
NIP. 19710609 200002 1 001

Ali Mustofa, ST., MT.
NIP. 19710601 200003 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA WIDEBAND MICROSTRIP
U SLOT DENGAN SLOT TAMBAHAN**

SKRIPSI

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

KARTIKA

NIM. 0610630056-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 03 Agustus 2010

Dosen Penguji :

SKRIPSI 1

SKRIPSI 2

Dr., Ir. Sholeh Hadi Pramono, MSc.
NIP. 19580728 198701 1 001

Ir. Wahyu Adi Priyono, MSc.
NIP. 19600518 198802 1 001

SKRIPSI 3

Rudy Yuwono, ST., MSc.
NIP. 19710615 199802 1 003

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

Rudy Yuwono, ST., MSc.
NIP. 1971061 199802 1 003

PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allâh Subhanahu Wa Taâla, Rabb alam semesta. Dialah Allâh, Tuhan Yang Maha Satu, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dialah Sebaik baik Penolong dan Sebaik baik Pelindung. Shalawat dan salâm kepada Nabi Muhammad Rasulullâh Shallallâhu Alaihi Wa Salâm, pemilik syafaât di Hari Akhir, sang pembawa kabar gembira dan sebaik baik suri tauladan bagi yang mengharap Rahmat dan Hidayah-Nya.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allâh SWT semata sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan seizin Allâh SWT, di kesempatan yang baik ini kami ingin menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar besarnya atas bantuan sehingga terselesainya skripsi ini kepada:

1. Keluarga tercinta,
Ayahanda Toto Budi Susilo dan Ibunda Sri Supriyati yang selalu memberikan kasih sayang dan doanya yang tiada akhir. Adik-adik, Dian Justicia dan Aulia Noor Ramadhani yang selalu menjadi motivasi ketika semangat sudah mulai luntur.
2. Bapak Rudy Yuwono, ST., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan Bapak Muhammad Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak M. Fauzan Edy P., ST., MT. dan Ali Mustofa, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan banyak waktu, keikhlasan, dan kesabaran dalam membimbing.
4. Bapak dosen penguji Ir. Sholeh Hadi Pramono, MSc., Ir. Wahyu Adi Priyono, MSc., dan Rudy Yuwono, ST., MSc., yang telah memberi banyak masukan yang bermanfaat.
5. Bapak Ir. Soemarwanto, MT. selaku dosen pembimbing akademik.
6. Keluarga besar Laboratorium Sistem Transmisi dan Gelombang Mikro TEUB, Sirtufillaila, Rendy Satrio, Rizcky Gandarityaz, Mas Yoga, Mas Fajar, Mbak Lila, Mbak Elsa, dan adik-adik asisten 2007 terima kasih telah memberikan banyak pengetahuan dalam belajar dan berkreasi.

7. Keluarga besar Angkatan 2006 “Ge- Force” khususnya untuk Intan Lestari dkk, dan Andika Eva Novani sekeluarga. Terima kasih telah berbagi kebahagiaan, pelajaran hidup, serta canda dan tawa yang tidak akan pernah saya lupakan.
8. Keluarga besar Watu Aji 4, Anggita Sitompul, Nurul Laili, Maria Putri, Desrimita, Winda Dyana, Mbak-mbak kos terdahulu (Mbak Anna, Mbak Nia, Mbak Vetra, Mbak Siska, Mbak Dita), dan Adik-adik kos (Anis, Uwik, Wulan, dkk). Terima kasih banyak atas dukungan dan perhatian yang kalian berikan. Beruntung sekali saya memiliki kalian. Semoga kita dipertemukan kembali dalam kesuksesan.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.
10. Firmandika Hanif Putranto yang telah banyak mengajarkan kebaikan dalam hidup. Terima kasih atas semua daya upaya yang diberikan agar tetap semangat menjalani suka duka kehidupan, serta kesabaran luar biasa dalam menghadapi diri yang labil dan kekanak-kanakan ini.

Sekiranya Allâh SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, kami menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Allâhumma Amîn.

Malang, 23 Juli 2010

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
RINGKASAN	xi
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II	4
2.1 Konsep Dasar Antena	4
2.2 Parameter Dasar Antena	4
2.2.1 Impedansi Masukan	4
2.2.2 <i>Return Loss</i>	8
2.2.3 Penguatan (<i>Gain</i>)	9
2.2.4 Lebar Pita (<i>Bandwidth</i>)	10
2.2.5 Pola Radiasi	11
2.2.6 Polarisasi	13
2.2.7 <i>Directivity</i>	14
2.3 Antena <i>Microstrip</i>	15
2.3.1 Bentuk Umum Antena <i>Microstrip</i>	15
2.3.2 <i>Wideband Microstrip</i>	16
2.3.3 Teknik Pelebaran <i>Bandwidth</i> Antena <i>Microstrip</i>	17
2.4 Dimensi Antena <i>Wideband Microstrip U Slot</i>	18
2.4.1 Dimensi Elemen Peradiasi	19
2.4.2 Dimensi <i>Groundplane</i>	21
2.5 Alokasi Frekuensi 1,8 GHz – 2,6 GHz	21
BAB III	20
3.1 Pengumpulan Data	20

3.2 Perencanaan dan Pembuatan Antena <i>Wideband Microstrip</i>	20
3.3 Rancangan Pengujian.....	20
3.3.1 Pengukuran <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul dan <i>VSWR</i>	21
3.3.2 Pengukuran <i>Gain</i> Antena.....	21
3.3.3 Pengukuran Pola Radiasi.....	21
3.3.4 Pengukuran Polarisasi.....	21
3.3.5 Perhitungan Keterarahan (<i>Directivity</i>).....	21
3.3.6 Perhitungan <i>Bandwidth</i>	22
3.4 Analisis Antena.....	22
3.5 Diagram Alir.....	22
3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	24
BAB IV	25
4.1 Tinjauan Umum.....	25
4.2 Perencanaan Dimensi Antena <i>Wideband Microstrip U Slot</i> dengan <i>Slot</i> Tambahan.....	25
4.3 Perencanaan Mekanisme Pencatutan Antena Mikrostrip.....	27
4.4 Simulasi.....	28
4.4.1 Langkah Simulasi.....	28
4.4.2 Hasil Simulasi.....	29
4.5 Optimasi Dimensi Antena <i>Wideband Microstrip U Slot</i>	31
4.5.1 Optimasi Lebar Sisi Vertikal <i>Slot U</i> (w_{au}).....	31
4.5.2 Optimasi Lebar <i>Slot U</i> (l_{bu}).....	33
4.5.3 Optimasi Lebar Sisi Horizontal <i>Slot U</i> (w_{bu}).....	34
4.5.4 Optimasi Panjang <i>Slot</i> Tambahan (l_s).....	35
4.5.5 Optimasi Jarak antara <i>Slot U</i> dan <i>Slot</i> Tambahan (s).....	36
4.5.6 Optimasi Panjang <i>Slot U</i> (l_{au}).....	37
4.5.7 Optimasi Lebar <i>Slot</i> Tambahan (w_s).....	38
4.6 Fabrikasi Antena.....	42
BAB V	44
5.1 Tinjauan Umum.....	44
5.2 Pengukuran <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul dan <i>VSWR</i>	44
5.2.1 Tujuan.....	44
5.2.2 Peralatan yang Digunakan.....	44
5.2.3 Prosedur Pengukuran.....	44

5.2.4 Hasil Pengukuran.....	45
5.2.5 Analisis Hasil Pengukuran.....	49
5.3 Pengukuran Impedansi Antena.....	51
5.3.1 Tujuan.....	51
5.3.2 Peralatan yang Digunakan.....	51
5.3.3 Prosedur Pengukuran.....	51
5.3.4 Hasil Pengukuran.....	51
5.3.5 Analisis Hasil Pengukuran.....	52
5.4 Pengukuran <i>Gain</i> Antena.....	52
5.4.1 Tujuan.....	52
5.4.2 Peralatan yang Digunakan.....	52
5.4.3 Prosedur Pengukuran.....	53
5.4.4 Hasil Pengukuran.....	53
5.4.5 Analisis Hasil Pengukuran.....	55
5.5 Pengukuran Pola Radiasi.....	55
5.5.1 Tujuan.....	55
5.5.2 Peralatan yang Digunakan.....	55
5.5.3 Prosedur Pengukuran.....	56
5.5.4 Hasil Pengukuran.....	56
5.5.5 Analisis Hasil Pengukuran.....	60
5.6 Pengukuran Polarisasi.....	60
5.6.1 Tujuan.....	60
5.6.2 Peralatan yang Digunakan.....	60
5.6.3 Prosedur Pengukuran.....	61
5.6.4 Hasil Pengukuran.....	62
5.6.5 Analisis Hasil Pengukuran.....	62
5.7 Perhitungan <i>Bandwidth</i> Antena.....	63
5.7.1 Tujuan.....	63
5.7.2 Cara Perhitungan.....	63
5.7.3 Analisis Hasil Perhitungan.....	64
5.8 Perhitungan Keterarahan (<i>Directivity</i>).....	64
5.8.1 Tujuan.....	64
5.8.2 Cara Perhitungan.....	64
5.8.3 Analisis Hasil Perhitungan.....	64

5.9 Analisis Parameter – Parameter Antena	64
BAB VI	67
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	70



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Alokasi Frekuensi 1,8-2,6 GHz di Indonesia.....	22
Tabel 4.1	Hasil Optimasi Lebar Sisi Vertikal <i>Slot</i> U (w_{au}) Saat Parameter Lain Tetap .	32
Tabel 4.2	Hasil Optimasi Lebar <i>Slot</i> U (l_{bu}) Saat Nilai w_{au} Tetap	33
Tabel 4.3	Hasil Optimasi Lebar Sisi Horizontal <i>Slot</i> U (w_{bu}) Saat Nilai w_{au} dan l_{bu} Tetap.....	34
Tabel 4.4	Hasil Optimasi Panjang <i>Slot</i> Tambahan (l_s) Saat Nilai w_{au} , l_{bu} , dan w_{bu} Tetap.....	35
Tabel 4.5	Hasil Optimasi Jarak antara <i>Slot</i> U dan <i>Slot</i> Tambahan Saat Nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , dan l_s Tetap.....	36
Tabel 4.6	Hasil Optimasi Panjang <i>Slot</i> U Saat Nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , l_s , dan s Tetap	37
Tabel 4.7	Hasil Optimasi Lebar <i>Slot</i> Tambahan Saat Nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , l_s , s , dan l_{au} Tetap.....	39
Tabel 5.1	Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> Antena Uji.....	46
Tabel 5.2	Hasil Perhitungan Koefisien Pantul dan <i>VSWR</i> Antena Uji.....	48
Tabel 5.3	Hasil Pengukuran Impedansi Antena Uji	52
Tabel 5.4	Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Pada Frekuensi 1800 MHz.....	54
Tabel 5.5	Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Pada Frekuensi 1900 MHz.....	55
Tabel 5.6	Hasil Pengukuran Pola Radiasi Bidang Horizontal.....	57
Tabel 5.7	Hasil Pengukuran Pola Radiasi Bidang Vertikal.....	59
Tabel 5.8	Hasil Pengukuran Polarisasi	62
Tabel 5.9	Karakteristik Antena <i>Wideband Microstrip U Slot</i> dengan <i>Slot</i> Tambahan....	65

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Bentuk Tegangan Maksimal (V_{maks}) SWR.....	7
Gambar 2.2	Bentuk Tegangan Minimum (V_{min}) SWR.....	7
Gambar 2.3	Rangkaian Pengukuran <i>Gain</i> Antena.....	10
Gambar 2.4	Pola Radiasi	12
Gambar 2.5	Macam – Macam Polarisasi . (a) Linier Vertikal (b) Linier Horizontal (c) <i>Ellips</i>	14
Gambar 2.6	Bentuk <i>Patch</i> Antena <i>Microstrip</i>	16
Gambar 2.7	Berbagai Macam Bentuk Slot pada Elemen Peradiasi.....	17
Gambar 2.8	Pengaruh Ketebalan Substrat dan Dielektrik Terhadap Efisiensi Daya Pancar dan <i>Bandwidth</i>	18
Gambar 3.1	Diagram Alir Prosedur Pengerjaan Skripsi.....	22
Gambar 3.2	Diagram Alir Prosedur Perancangan Antena.....	23
Gambar 3.3	Diagram Alir Prosedur Simulasi Antena	24
Gambar 4.1	Elemen Peradiasi Antena <i>Wideband Microstrip U Slot</i> (Tampak Atas).....	25
Gambar 4.2	Antena <i>Wideband Microstrip U Slot</i> (Tampak Samping).....	26
Gambar 4.3	Elemen Peradiasi (Tampak atas) dan Antena <i>Wideband Microstrip U Slot</i> dengan <i>Slot</i> Tambahan (Tampak samping).....	27
Gambar 4.4	Model 3D Antena <i>Wideband Microstrip U Slot</i> dengan <i>Slot</i> Tambahan....	29
Gambar 4.5	Hasil Simulasi Nilai <i>Return Loss</i>	29
Gambar 4.6	Gambar <i>VSWR</i> Terhadap Frekuensi.....	30
Gambar 4.7	Hasil Simulasi Nilai <i>Return Loss</i>	30
Gambar 4.8	Gambar <i>VSWR</i> Terhadap Frekuensi.....	31
Gambar 4.9	Grafik Optimasi w_{au} terhadap <i>RL Minimum</i>	32
Gambar 4.10	Grafik Optimasi w_{au} terhadap <i>Bandwidth</i>	33
Gambar 4.11	Grafik Optimasi l_{bu} terhadap Frekuensi Tengah	34
Gambar 4.12	Grafik Optimasi w_{bu} terhadap <i>Bandwidth</i>	35
Gambar 4.13	Grafik Optimasi l_s terhadap Frekuensi Kerja.....	36
Gambar 4.14	Grafik Optimasi s terhadap <i>RL Minimum</i>	37
Gambar 4.15	Grafik Optimasi l_{au} terhadap <i>RL Minimum</i>	38
Gambar 4.16	Grafik Optimasi l_{au} terhadap Frekuensi Tengah	38

Gambar 4.17 Grafik Optimasi w_s terhadap Frekuensi Tengah	39
Gambar 4.18 Grafik Optimasi w_s terhadap <i>Bandwidth</i>	40
Gambar 4.19 Grafik Optimasi w_s terhadap <i>RL Minimum</i>	40
Gambar 4.20 Grafik Nilai Return Loss Setelah Optimasi	41
Gambar 4.21 Grafik VSWR Terhadap Frekuensi Setelah Optimasi	41
Gambar 4.22 Gambar Pola Radiasi Horizontal Setelah Optimasi.....	42
Gambar 4.24 Antena Hasil Fabrikasi Tampak Atas	43
Gambar 4.25 Antena Hasil Fabrikasi Tampak Samping	43
Gambar 5.1 Konfigurasi Pengukuran <i>Return Loss</i>	45
Gambar 5.2 Fungsi <i>Return Loss</i> Terhadap Frekuensi.....	46
Gambar 5.3 Fungsi <i>VSWR</i> Terhadap Frekuensi.....	49
Gambar 5.4 Perbandingan <i>Return Loss</i> Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran.....	50
Gambar 5.5 Perbandingan <i>VSWR</i> Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran.....	50
Gambar 5.6 Rangkaian Pengukuran <i>Gain</i> Antena.....	53
Gambar 5.7 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Antena	56
Gambar 5.8 Bentuk Pola Radiasi Bidang Horizontal Antena <i>Wideband Microstrip</i> <i>U Slot</i> dengan <i>Slot</i> Tambahan.....	58
Gambar 5.9 Bentuk Pola Radiasi Bidang Vertikal Antena <i>Wideband Microstrip</i> <i>U Slot</i> dengan <i>Slot</i> Tambahan.....	60
Gambar 5.10 Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena	61
Gambar 5.11 Polarisasi Antena <i>Wideband Microstrip U Slot</i> dengan <i>Slot</i> Tambahan ..	63

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
	Lampiran 1. Langkah-Langkah Simulasi.....	71



RINGKASAN

Kartika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2010, *Perancangan dan Pembuatan Antena Wideband Microstrip U Slot dengan Slot Tambahan*, Dosen Pembimbing : M. Fauzan Edy P, ST., MT. dan Ali Mustofa, ST., MT.

Saat ini satu perangkat telekomunikasi mampu digunakan untuk mendapatkan beragam layanan telekomunikasi secara bersamaan, suatu hal yang tidak praktis jika dalam satu perangkat mempunyai antena tersendiri yang melayani masing-masing frekuensi secara terpisah. Dengan permasalahan yang ada, saat ini desain antena multifrekuensi ataupun *wideband* menjadi pilihan utama untuk dikembangkan, dengan satu antena *wideband* dapat mendukung berbagai macam sistem telekomunikasi secara bersamaan. Salah satu jenis antena *wideband* adalah Antena *Wideband Microstrip U Slot dengan Slot Tambahan*.

Antena *wideband microstrip* ini dibuat dengan menggunakan bahan tembaga pada bagian *patch* dan *groundplane*, diantara *patch* dengan *groundplane* digunakan substrat udara yang mempunyai konstanta dielektrik (ϵ_r) = 1,0006. Antena hasil perencanaan berupa dua buah lapisan yang dicatu dengan menggunakan teknik *probe feed* untuk pencatumannya. Simulasi antena menggunakan program Ansoft HFSS V.9.2, metode *trial and error* digunakan untuk melakukan optimasi.

Optimasi dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter antena yang layak digunakan. Parameter-parameter antena yang disimulasikan adalah *return loss*, *VSWR*, pola radiasi, dan polarisasi. Setelah dilakukan optimasi untuk mendapatkan parameter yang diinginkan, antena diproduksi kemudian dilakukan pengukuran dan pengujian untuk mengetahui unjuk kerja Antena *Wideband Microstrip U Slot dengan Slot Tambahan*.

Antena *Wideband Microstrip U Slot dengan Slot Tambahan* memiliki nilai *return loss minimum* sebesar -32,34 dB, dengan nilai *VSWR minimum* sebesar 1,049 pada *resonant frequency* 1830 MHz. Antena ini memiliki *pola radiasi Bidirectional*, dengan *gain* maksimum 16,466 dBi pada frekuensi 1900 MHz. Bandwith antena ini adalah 943 MHz dengan rentang frekuensi kerja mulai 1773 MHz sampai dengan 2716 MHz. Dengan *bandwidth* ≥ 500 MHz maka antena ini dapat dikategorikan sebagai antena *wideband* sehingga dapat digunakan untuk semua sistem komunikasi radio yang bekerja pada rentang frekuensi 1,8 – 2,6 GHz.

Kata kunci : antena, *wideband*, *microstrip*, *U slot*, *return loss*, *VSWR*, *gain*, *bandwidth*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin beragamnya bentuk layanan telekomunikasi dan teknologi komunikasi nirkabel memacu perkembangan antenna. Saat ini satu perangkat telekomunikasi mampu digunakan untuk mendapatkan beragam layanan telekomunikasi secara bersamaan, sebagai contoh sebuah *handphone* cerdas mampu digunakan untuk melayani teknologi *GSM quad band*, *High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)*, *WiFi 802.11b/g*, *Bluetooth* dan ke depannya *WiMax* juga.

Sangat tidak praktis jika dalam satu perangkat mempunyai antenna tersendiri yang melayani masing-masing frekuensi secara terpisah. Setiap satu dimensi antenna hanya bisa dipakai untuk satu frekuensi, ketika banyak frekuensi yang ingin digunakan maka semakin banyak pula jumlah antenna yang digunakan. Dengan permasalahan yang ada, saat ini desain antenna multifrekuensi ataupun *wideband* menjadi pilihan utama untuk dikembangkan, dengan satu antenna bertipe *wideband* dapat digunakan untuk melayani beberapa teknologi sekaligus. Komunikasi *broadband* dengan kecepatan tinggi merupakan kebutuhan utama, permintaan layanan data yang besar menjadikan kebutuhan frekuensi semakin besar, dengan munculnya teknologi *ultra wideband* memicu pengembangan antenna dengan tipe *bandwidth* lebar untuk penyebaran gelombang elektromagnetik multifrekuensi, *multicarier* maupun multikanal.

Kualitas sebuah antenna sangat mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima. Oleh karena itu antenna sebagai salah satu perangkat telekomunikasi harus dibuat dengan dimensi yang fleksibel dan praktis agar mudah untuk dipindahkan, namun tetap berkualitas dimana semua parameter sebagai antenna yang layak digunakan telah terpenuhi. Salah satu jenis antenna yang berkembang saat ini adalah antenna *microstrip*, antenna *microstrip* bekerja pada alokasi frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz).

Wideband microstrip merupakan salah satu jenis dari antenna *microstrip* yang dirancang agar dapat bekerja pada frekuensi yang lebih lebar (*wideband*). Tidak seperti antenna yang bertipe *narrowband*, satu antenna ini dapat dipakai pada beberapa sistem komunikasi radio secara bersama-sama, tidak perlu lagi merancang berbagai jenis antenna untuk masing-masing sistem komunikasi radio. Salah satu jenis dari *wideband*

microstrip adalah *U slot*, antenna ini mempunyai *bandwidth* sekitar 30 % dari frekuensi tengah dan mempunyai dimensi yang cukup kecil. Antena yang dirancang bekerja pada frekuensi 1900–2650 MHz, pada frekuensi tersebut bekerja beberapa sistem, diantaranya CDMA 1900 MHz, HSDPA 2100 MHz, WCDMA 2100 MHz, WiFi 802.11b/g, *Bluetooth* dan WiMax. 802.16e. Dengan menambahkan *slot* pada sisi vertikal *U slot* diharapkan antenna *wideband* ini mempunyai performansi yang lebih baik dari antenna *microstrip U slot*. Beberapa hal inilah yang menjadi ide dalam pembuatan skripsi ini, sehingga dengan *bandwith* yang lebih lebar antenna ini dapat digunakan sebagai antenna penerima pada beberapa sistem diatas secara simultan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merencanakan *slot* tambahan pada Antena *Wideband Microstrip U Slot* untuk frekuensi 1,8 GHz-2,6 GHz.
2. Bagaimana mensimulasikan antenna *wideband microstrip U slot* dengan menggunakan program Ansoft HFSS V 9.2.
3. Bagaimana merancang antenna *wideband microstrip U slot* dengan *slot* tambahan
4. Bagaimana pengukuran terhadap antenna untuk mengetahui performansi antenna yang meliputi impedansi masukan, *return loss*, *gain*, *bandwidth*, pola radiasi polarisasi, dan *directivity*.

1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan permasalahan yang disebutkan diatas, maka pada penulisan tugas akhir ini diberikan batasan pada hal-hal sebagai berikut:

1. Antena yang dirancang adalah antenna dengan teknologi *wideband microstrip* dengan menggunakan teknik *probe feed* atau *coaxial feed* untuk pencatuan daya.
2. Untuk memisahkan elemen peradiasi dan *groundplane* menggunakan teknik *air gap* dengan spesifikasi:
 - $\epsilon_r = 1,0006$
 - $\tan(\delta) = 0$
3. Ketebalan tembaga sebagai konduktor = 0,7 mm

4. Pengukuran parameter antenna meliputi impedansi masukan, *return loss*, *gain*, *bandwidth*, pola radiasi polarisasi, dan *directivity*. Tidak membahas pola perambatan gelombang elektromagnetik serta rugi-rugi di ruang bebas.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah perencanaan dan pembuatan Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan untuk frekuensi 1,8 GHz – 2,6 GHz.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini meliputi bab 1 yang merupakan pendahuluan. Pendahuluan memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

Sistematika selanjutnya yaitu tinjauan pustaka yang membahas teori tentang parameter dasar antenna dan teori dasar yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan antenna mikrostrip.

Bab 3 adalah metodologi yang memuat tentang tahapan penyelesaian skripsi yang meliputi studi literatur, perancangan dan pembuatan, pengujian, pengambilan data, dan analisis serta pengambilan kesimpulan.

Bab 4 adalah perencanaan dan pembuatan antenna yang menjelaskan proses perencanaan, pembuatan dan simulasi antenna *wideband microstrip u slot* dengan *slot* tambahan.

Bab 5 membahas tentang pengujian dan analisis hasil pengukuran yang berisi penjelasan tentang langkah-langkah pengujian, hasil pengujian serta analisis terhadap hasil pengukuran antenna *wideband microstrip u slot* dengan *slot* tambahan.

Bab terakhir merupakan penutup yang memuat kesimpulan dan saran berdasar apa yang telah dicapai dalam penyelesaian skripsi.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Konsep Dasar Antena

Antena merupakan elemen yang sangat penting dalam suatu sistem komunikasi radio. Antena adalah suatu media peralihan antara ruang bebas dengan piranti pemandu (dapat berupa kabel koaksial atau pemandu gelombang / *waveguide*) yang digunakan untuk menggerakkan energi elektromagnetik dari sumber pemancar ke antena atau dari antena ke penerima. Berdasarkan hal ini maka antena dibedakan menjadi antena pemancar dan penerima (Balanis, 1997 :1). Antena adalah piranti untuk memancarkan tenaga elektro – magnet, juga untuk menangkap pancaran tenaga elektro – magnet. Dalam komunikasi dua arah antena yang satu dipakai untuk memancarkan dan juga untuk menangkap (Warsito, 1985 : 309).

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

2.2 Parameter Dasar Antena

Parameter-parameter antena adalah suatu hal yang sangat penting untuk menjelaskan unjuk kerja antena. Maka diperlukan parameter-parameter antena yang akan memberikan informasi suatu antena sebagai pemancar maupun sebagai penerima. Parameter-parameter antena dalam skripsi ini antara lain

2.2.1 Impedansi Masukan

Impedansi masukan didefinisikan sebagai impedansi yang ditunjukkan oleh antena pada terminal-terminalnya atau perbandingan tegangan terhadap arus pada terminal-terminalnya (Balanis, 1997 : 73). Perbandingan tegangan dan arus pada terminal-terminal tanpa beban memberikan impedansi masukan antena sebesar (Balanis, 1997 : 73)

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2-1)$$

dengan :

$$Z_A = \text{Impedansi masukan } (\Omega)$$

$$R_A = \text{Resistansi antena } (\Omega)$$

$$X_A = \text{Reaktansi antena } (\Omega)$$

Karena menggunakan saluran *microstrip*, maka resistansi antena merupakan rugi-rugi pada saluran *microstrip*. Resistansi pada antena *microstrip* sama dengan resistansi pada antena konvensional, yaitu terdiri dari rugi konduktor dan rugi radiasi, yang dinyatakan dengan persamaan berikut

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

dengan :

$$R_A = \text{Resistansi antena } (\Omega)$$

$$R_r = \text{Resistansi radiasi } (\Omega)$$

$$R_s = \text{Resistansi konduktor } (\Omega)$$

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

Impedansi masukan antena juga dapat diketahui dengan mengetahui koefisien pantul dengan persamaan (Balanis, 1982 : 726)

$$\Gamma = \frac{Z_A - Z_0}{Z_A + Z_0} \quad (2-3)$$

dengan :

$$Z_A = \text{Impedansi masukan antena } (\Omega)$$

$$Z_0 = \text{Impedansi karakteristik } (\Omega)$$

$$\Gamma = \text{Koefisien pantul}$$

SWR adalah perbandingan antara amplitudo sebuah gelombang pantul terhadap amplitudo gelombang datang pada sebuah gelombang elektromagnetik. SWR biasanya didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan, yang disebut VSWR. Jadi, VSWR

dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara amplitudo tegangan maksimum terhadap amplitudo tegangan minimum pada saluran yang tidak *match* (*missmatch*).

Pada beberapa titik rambat, saat dua gelombang (datang dan pantul) berinterferensi dengan fasa yang sama, maka akan dihasilkan amplitudo tegangan maksimal V_{maks} (karena penjumlahan amplitudo), dan saat dua gelombang (datang dan pantul) berinterferensi dengan fasa yang berbeda kurang lebih 180° , maka akan dihasilkan amplitudo tegangan minimal V_{min} (karena pengurangan amplitudo).

Kondisi yang paling baik adalah ketika dicapai nilai $VSWR = 1$. Nilai $VSWR = 1$ berarti semua sinyal keluaran transmitter dipancarkan oleh antenna dan tidak ada sinyal yang terpantul. Namun kondisi seperti ini pada praktiknya sulit untuk didapat. Oleh karena itu standar $VSWR$ yang diijinkan untuk fabrikasi adalah $VSWR \leq 2$. Rumus $VSWR$ dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$VSWR = \frac{V_{maks}}{V_{min}} = \frac{V_0^+ + V_0^-}{V_0^+ - V_0^-} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-4)$$

Perbandingan level tegangan yang kembali ke pemancar (V_0^-) dan yang datang menuju beban (V_0^+) dari sumbernya dinyatakan dengan koefisien pantul (Γ).

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (2-5)$$

Keterangan :

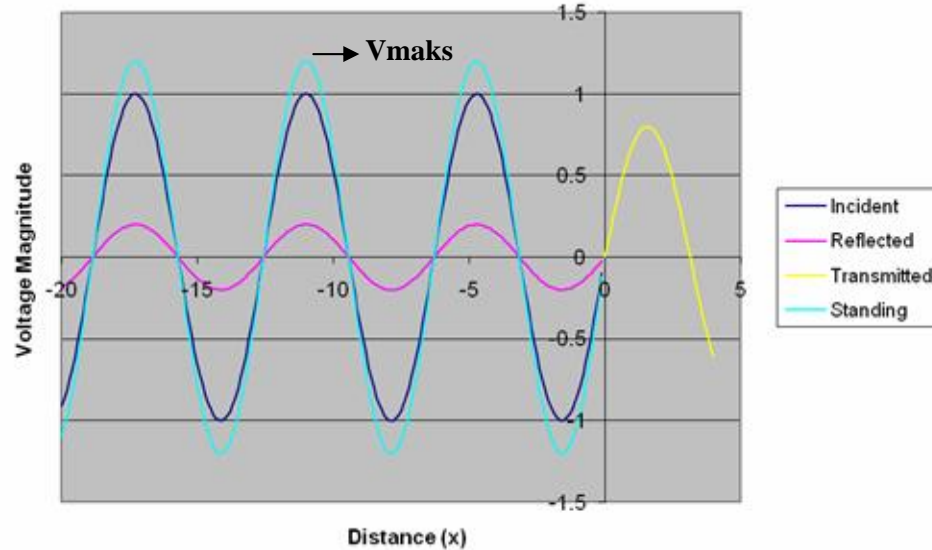
V_0^- = tegangan gelombang pantul

V_0^+ = tegangan gelombang datang

Harga koefisien refleksi ini dapat bervariasi antara 0 (tanpa pantulan/*match*) sampai 1, yang berarti sinyal yang datang ke beban seluruhnya dipantulkan kembali ke sumbernya semula. Dalam perancangan antenna biasanya memiliki nilai impedansi masukan sebesar 50Ω atau 75Ω . Dalam praktek amatlah sulit untuk memperoleh penjadohan atau *matching* yang benar. $VSWR$ yang tidak melampaui 2 sudah dapat dikatakan baik (Warsito, 1985 : 310).

Gambar 2.1 menunjukkan saat dua gelombang (datang dan pantul) berinterferensi dengan fasa yang sama, maka akan dihasilkan amplitudo tegangan

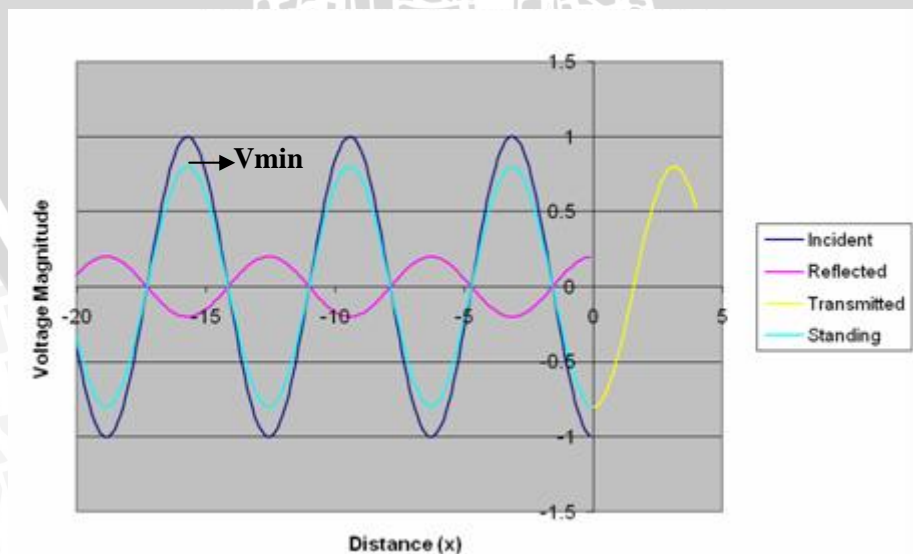
maksimal V_{maks} (karena penjumlahan amplitudo). Gambar menunjukkan nilai tegangan berdiri sebesar 1,2 V karena adanya penjumlahan gelombang datang 1 V dan gelombang pantul 0,2 V.



Gambar 2.1 Bentuk Tegangan Maksimal (V_{maks}) pada Pengukuran SWR

Sumber : Stutzman, 1982 : 30

Gambar 2.2 menunjukkan saat dua gelombang (datang dan pantul) berinterferensi dengan fasa yang berbeda kurang lebih 180° , maka akan dihasilkan amplitudo tegangan minimal V_{min} (karena pengurangan amplitudo). Gambar menunjukkan nilai tegangan berdiri sebesar 0,8 V karena adanya pengurangan gelombang datang 1 V dan gelombang pantul 0,2 V.



Gambar 2.2 Bentuk Tegangan Minimum (V_{min}) pada Pengukuran SWR

Sumber : Stutzman, 1982 : 30

2.2.2 Return Loss

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

Koefisien pantulan (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantulan dengan tegangan maju (*forward voltage*). Koefisien pantul didefinisikan sebagai

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

Antena yang baik akan mempunyai nilai *return loss* dibawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap dan 10% dipantulkan kembali. Return Loss adalah sebuah rugi pada proses tranmisi karena gelombang, untuk itu nilainya adalah negatif. *Return loss* didefinisikan sebagai berikut (Punit, 2004 : 19)

$$RL = -10 \log \frac{P_r}{P_i} = -10 \log \frac{\frac{V_r^2}{R_r}}{\frac{V_i^2}{R_i}}, \text{ dalam keadaan } matching R_r = R_i \text{ sehingga}$$

$$RL = -10 \log \frac{V_r^2}{V_i^2} = -10 \log |\Gamma|^2 \quad (2-7)$$

$$RL = -20 \log \Gamma \text{ (dB)} \quad (2-8)$$

dengan :

Γ = Koefisien pantul (*reflection coefficient*)

P_r = Daya gelombang pantul (*reflected wave*)

P_i = Daya gelombang maju (*incident wave*)

V_r = Tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = Tegangan gelombang maju (*incident wave*)

RL = *Return loss*

R_r = Hambatan gelombang pantul

R_i = Hambatan gelombang maju

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

2.2.3 Penguatan (*Gain*)

Penguatan mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh antena tertentu dibandingkan dengan *radiator isotropis* yang bentuk pola radiasinya menyerupai bola. Secara fisik suatu *radiator isotropis* tidak ada, tapi sering kali digunakan sebagai referensi untuk menyatakan sifat-sifat keterarahan antena. Penguatan daya antena pada arah tertentu didefinisikan sebagai 4π kali perbandingan intensitas radiasi dalam arah tersebut dengan daya yang diterima oleh antena dari pemancar yang terhubung (Balanis, 1997 : 58).

Gain antena adalah perbandingan antara daya yang dipancarkan oleh suatu antena dan daya yang dipancarkan antena lain (yang biasanya sudah distandarkan) pada daya pesawat pemancar radio yang sama. Contoh antena standar adalah antena isotropis, yang memancarkan sinyal secara merata ke segala arah. Radiasinya berbentuk bola. Secara nyata, antena ini tidak dapat direalisasikan, tetapi pola radiasinya ideal sebagai standar. Jenis antena lain yang digunakan sebagai standar adalah dipole $\frac{1}{2} \lambda$. Penguatan antena dapat ditingkatkan dengan menambah elemen radiasi tambahan pada antena..

Apabila arahnya tidak diketahui, penguatan daya biasanya ditentukan dalam arah radiasi maksimum, dalam persamaan matematik dinyatakan sebagai berikut (Stutzman, 1982 : 37)

$$G = 10 \log \frac{4\pi U_m}{P_m} \text{ (dB)} \quad (2-9)$$

dengan :

G = *Gain* antena (dB)

U_m = Intensitas radiasi antena (watt)

P_m = Daya input total yang diterima oleh antena (watt)

Pada pengukuran digunakan metode perbandingan (*Gain-comparison Method*) atau *gain transfer mode*. Prinsip pengukuran ini adalah dengan menggunakan antena referensi yang biasanya antena *dipole* standar yang sudah diketahui nilai *gain*nya. Prosedur ini memerlukan 2 kali pengukuran yaitu terhadap antena yang diukur dan terhadap antena referensi. Nilai *gain absolute isotropic* dinyatakan sebagai berikut (Mufti, 2004 : 34)

$$G_{AUT} (dBi) = G_{ref} (dBi) + 10 \log \left[\frac{W_{RX}}{W_{ref}} \right] \quad (2-10)$$

dengan :

G_{AUT} = Gain antenna yang diukur (dBi)

G_{ref} = Gain antenna referensi yang sudah diketahui (dBi)

W_{RX} = Daya yang diterima antenna yang diukur (watt)

W_{ref} = Daya yang diterima antenna referensi (watt)

Gambar 2.3 menunjukkan pengukuran *gain* antenna. Pengukuran *gain* antenna di lapangan yang menggunakan antenna dipole $0,5 \lambda$ sebagai antenna referensi maka digunakan persamaan berikut (Stutzman, 1981: 39)

$$G_{AUT(dBi)} = P_{RX(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 2,15 \text{ dBi} \quad (2-11)$$

dimana :

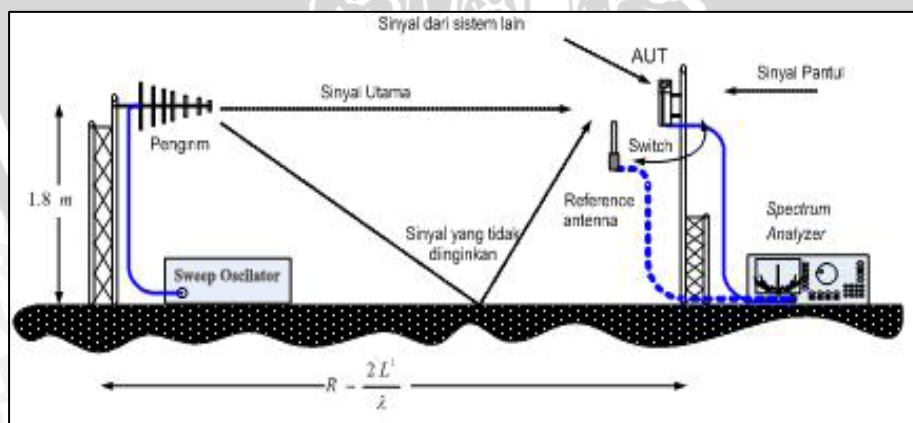
$G_{AUT(dBi)}$ = Gain antenna yang diukur

$P_{RX(dBm)}$ = Level daya terima antenna yang diukur

$P_{REF(dBm)}$ = Level daya terima antenna referensi

2,15 dBi = Gain absolut antenna dipole $0,5 \lambda$

Spesifikasi antenna referensi adalah antenna dipole dengan frekuensi 1800 MHz dan 1900 MHz.



Gambar 2.3 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena

Sumber : Pengukuran

2.2.4 Lebar Pita (*Bandwidth*)

Bandwidth antenna didefinisikan sebagai *range* frekuensi antenna dengan beberapa karakteristik sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Untuk *broadband* antenna,

lebar pita dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi operasi atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *Narrowband* antena maka lebar bidang antena dinyatakan sebagai presentase dari selisih frekuensi diatas frekuensi tengah dari lebar bidang (Balanis, 1997 : 63)

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

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-12)$$

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (2-13)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-14)$$

dengan :

B_p = *Bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *Bandwidth* rasio

f_u = Jangkauan frekuensi atas

f_l = Jangkauan frekuensi bawah

f_c = Frekuensi tengah (*center*)

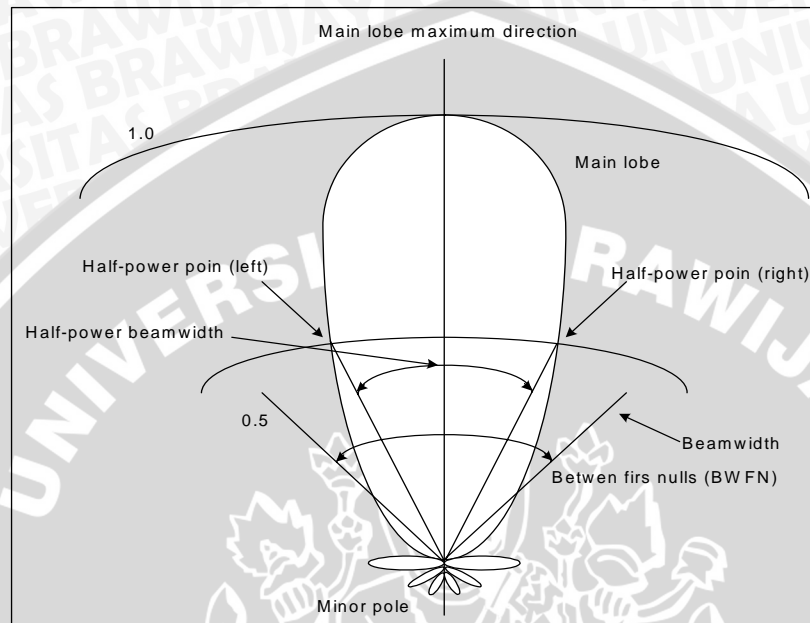
2.2.5 Pola Radiasi

Pola radiasi suatu antena didefinisikan sebagai "Gambaran secara grafik dari sifat-sifat radiasi suatu antena sebagai fungsi koordinat ruang". Dalam banyak keadaan pola radiasi ditentukan pada pola daerah medan jauh dan digambarkan sebagai fungsi koordinat-koordinat arah sepanjang radius konstan dan digambarkan pada koordinat ruang. Sifat-sifat radiasi ini mencakup intensitas radiasi, kekuatan medan (*field strenght*) dan polarisasi (Balanis, 1997 : 28).

Pola radiasi antena digambarkan sebagai kuat relatif dari medan elektromagnet yang dipancarkan oleh antena ke segala arah pada jarak yang konstan (seperti bola). Pola radiasi juga serupa dengan pola resepsi (terima) untuk antena penerima. Pola radiasi berbentuk tiga dimensi. Namun jika penggambarannya sulit, dapat dibagi menjadi dua gambar dua dimensi. Gambar pertama adalah pandangan samping,

sedangkan gambar kedua adalah pandangan atas. Sedangkan untuk pola radiasi antenna *microstrip* mempunyai fenomena yang sama dengan pola radiasi antenna konvensional.

Koordinat–koordinat yang sesuai ditunjukkan pada Gambar 2.4. Jejak daya yang diterima pada radius tetap disebut pola daya. Sedangkan grafik variasi ruang medan listrik dan medan magnet sepanjang radius tetap disebut pola medan.



Gambar 2.4 Pola Radiasi

Sumber : Stutzman, 1982 : 30

Pada Gambar 2.4 tampak pola radiasi yang terdiri dari *lobe – lobe* radiasi yang meliputi *main lobe* dan *minor lobe (side lobe)*. *Main lobe* adalah *lobe* radiasi yang mempunyai arah radiasi maksimum. Sedangkan *minor lobe* adalah radiasi pada arah lain yang sebenarnya tidak diinginkan (Stutzman, 1982 :29). Beberapa parameter umum yang digunakan pada pola radiasi adalah sebagai berikut

- *Half Power Beam Width (HPBW)* adalah sudut yang dibentuk dari titik dimana terdapat setengah daya dari main lobe.
- *First Null Beam Width (FNBW)* adalah sudut yang dibentuk dari titik dimana berkas pertama daya yang diradiasikan.

Pola radiasi antenna dapat dihitung dengan perbandingan antara daya pada sudut nol derajat (radiasi daya maksimum) dengan daya pada sudut tertentu. Maka pola radiasi (P) dinyatakan (Balanis, 1982 : 31)

$$P(\text{dB}) = 10 \log \frac{P_o}{P_T} (\text{dB}) \quad (2-15)$$

$$P(dB) = 10\log P_o - 10\log P_T \quad (2-16)$$

dimana :

P = Intensitas radiasi antenna pada sudut tertentu (dB)

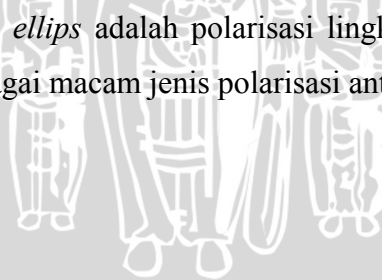
P_o = Daya yang diterima antenna pada sudut 0° (watt)

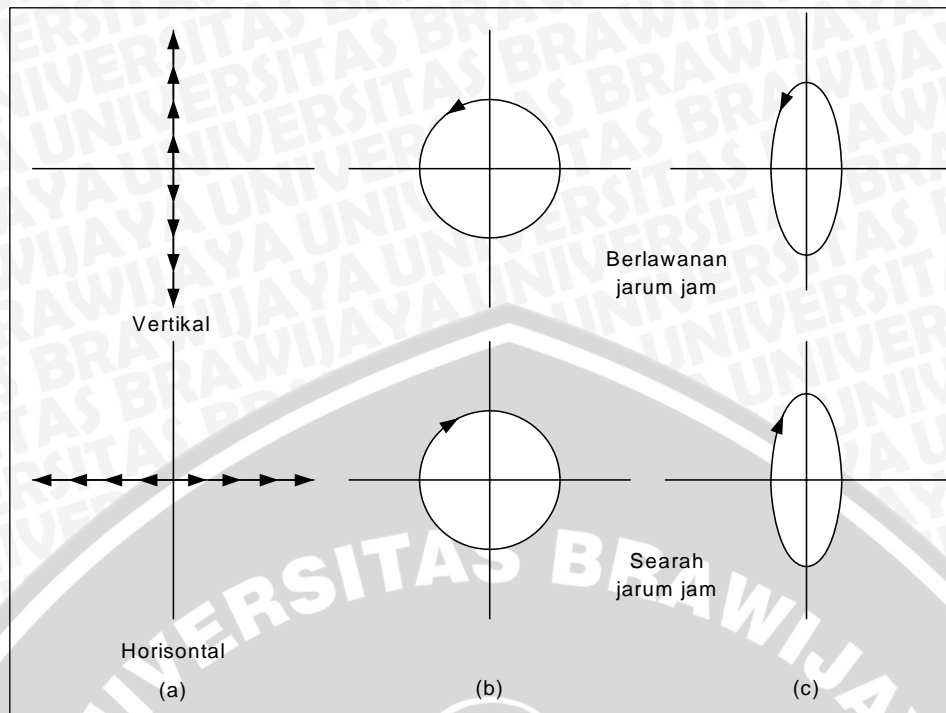
P_T = Daya yang diterima antenna pada sudut tertentu (watt)

2.2.6 Polarisasi

Polarisasi suatu antenna didefinisikan sebagai polarisasi dari gelombang yang diradiasikan pada saat antenna dibangkitkan/dioperasikan. Dengan kata lain polarisasi gelombang datang dari arah yang diberikan yang menghasilkan daya maksimum pada terminal antenna. Dalam praktek polarisasi dari energi yang diradiasikan berubah menurut arah antenna, sehingga dengan pola yang berbeda akan memungkinkan mempunyai polarisasi yang berbeda pula. Polarisasi antenna dibedakan menjadi 3 yaitu polarisasi linier, polarisasi lingkaran dan polarisasi *ellips* (Balanis, 1997 : 64).

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi merupakan sifat-sifat gelombang elektromagnetik yang menggambarkan perubahan arah dan nilai relatif vektor medan listrik sebagai fungsi waktu. Jika vektor yang dilukiskan pada suatu titik sebagai fungsi dari waktu selalu terarah pada suatu garis, medan ini dikatakan terpolarisasi linier. Bila jejak medan listrik berbentuk *ellips*, maka medan dikatakan terpolarisasi *ellips*. Suatu keadaan khusus dari polarisasi *ellips* adalah polarisasi lingkaran dan polarisasi linier. Gambar 2.5 menjelaskan berbagai macam jenis polarisasi antenna.





Gambar 2.5 Macam – Macam Polarisasi . (a) Linier Vertikal (b) Linier Horizontal (c) *Ellips*

Sumber : <http://www.physics.upenn.edu>

Polarisasi isolasi adalah redaman pada antenna akibat perubahan polarisasi atau perbandingan daya suatu polarisasi antenna terhadap daya polarisasi yang lain pada antenna tersebut. Polarisasi isolasi dapat dihitung dari hasil pengukuran polarisasi antenna dengan persamaan (Balanis, 1982 : 48)

$$a = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1} \text{ (dB)} \tag{2-17}$$

dengan :

a = Polarisasi isolasi (dB)

P_1 = Daya mula – mula (watt)

P_2 = Daya yang diperlukan bila polarisasi dirubah (watt)

2.2.7 Directivity

Seberapa besar kemampuan antenna untuk dapat mengoptimalkan energi pada arah tertentu dibandingkan dengan radiasi pada arah lain disebut sebagai *directivity*. Atau dengan kata lain *directivity* suatu antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai maksimum intensitas radiasi dengan intensitas radiasi rata-rata yang dipancarkan.

$$D = \frac{U_m}{U_{ev}} \text{ (dB)} \tag{2-18}$$

Directivity pada antena secara umum dinyatakan dari persamaan di bawah ini (Balanis, 1982 :494)

$$D = 10 \log \frac{4\pi_{(steradian)}}{\theta \cdot \phi_{(radian^2)}} \quad (2-19)$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ steradian} &= 1 \text{ radian}^2 \\ &= \left(\frac{180}{\pi}\right)^2 (\text{derajat}^2) \end{aligned}$$

Sehingga didapat :

$$D \approx 10 \log \frac{4\pi \left(\frac{180^\circ}{\pi}\right)^2 (\text{derajat}^2)}{\theta_{HP}^\circ \phi_{HP}^\circ (\text{derajat}^2)} \approx \frac{41000}{\theta_{HP}^\circ \phi_{HP}^\circ} \quad (2-20)$$

Dengan :

D = directivity

θ = half power beamwidth pola radiasi vertikal (rad)

Φ = half power beamwidth pola radiasi horizontal (rad)

θ_{HP}° = half power beamwidth pola radiasi vertikal (derajat)

Φ_{HP}° = half power beamwidth pola radiasi horizontal (derajat)

2.3 Antena *Microstrip*

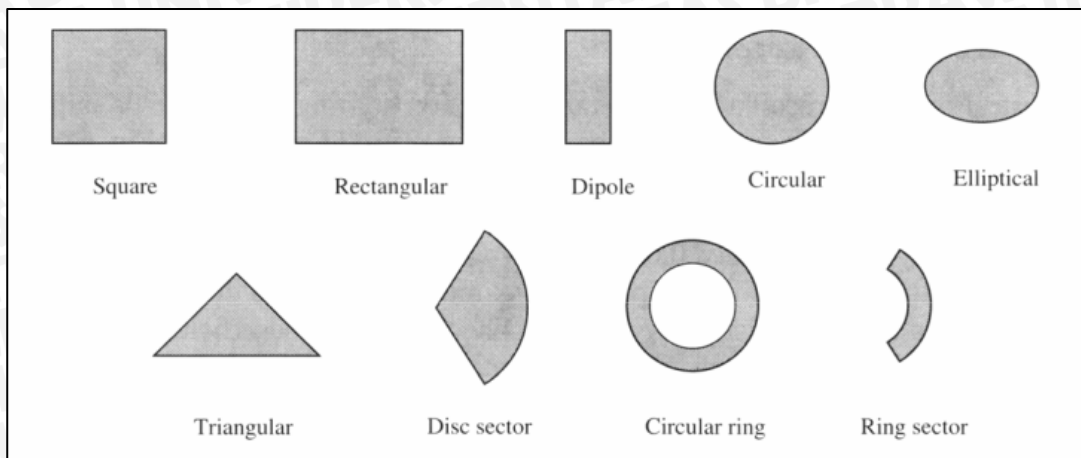
Antena *microstrip* adalah antena yang terbuat dari tambalan atau *patch* logam yang digroundkan. *Patch* bisa dalam beberapa bentuk seperti lingkaran, segitiga, persegiempat dan persegi panjang. Umumnya bentuk dari plat ini adalah persegi panjang dan lingkaran menurut karakteristik radiasinya. Antena *microstrip* juga tidak mahal dalam pembuatannya, sederhana, ukurannya ringkas, ringan.

Dalam berbagai bentuk pada umumnya antena *microstrip* tersusun atas bidang pentanahan tunggal (*single ground plane*) dan konduktor strip terbuka yang dipisahkan oleh substrat dielektrik. Pada umumnya *patch* dibuat dari bahan penghantar atau konduktor seperti tembaga atau emas dan lainnya.

2.3.1 Bentuk Umum Antena *Microstrip*

Antena ini merupakan suatu bentuk antena yang dibuat dengan memanfaatkan prinsip dasar saluran transmisi *microstrip*, yaitu dengan cara mencetak elemen peradiasi (*conductor*) pada salah satu sisi permukaan substrat dielektrik dan bidang pentanahan (*ground plane*) yang terdapat pada permukaan sisi lainnya (Kraus, 1988 : 745)

Antena *microstrip* terdiri dari berbagai macam bentuk geometri. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Bentuk *Patch* Antena *Microstrip*

Sumber : Balanis, 1997 : 724

Rectangular patch adalah bentuk *patch* yang paling sering digunakan, *patch* ini memiliki *bandwidth* yang paling besar jika dibandingkan bentuk *patch* yang lainnya.

Bentuk *circular* dan *elliptical* sedikit lebih kecil dari *rectangular patch* sehingga memiliki *bandwidth* dan *gain* yang lebih kecil. Bentuk ini sukar untuk dianalisa karena geometrinya yang *inherent*.

Triangular patch adalah bentuk yang lebih kecil lagi dari *rectangular* dan *circular*, namun juga menghasilkan *bandwidth* dan *gain* yang lebih kecil. Bentuk ini juga menghasilkan *cross-polarization* yang lebih besar dikarenakan bentuknya yang tidak simetris, *patch* dengan *dual polarization* dapat dihasilkan dari bentuk ini.

Circular ring patch memiliki ukuran konduktor yang relatif paling kecil, begitu juga dengan *bandwidth* dan *gain* dari *patch* ini. Selain itu, untuk bentuk ini tidak akan mudah mendapatkan impedansi yang sesuai untuk resonansi.

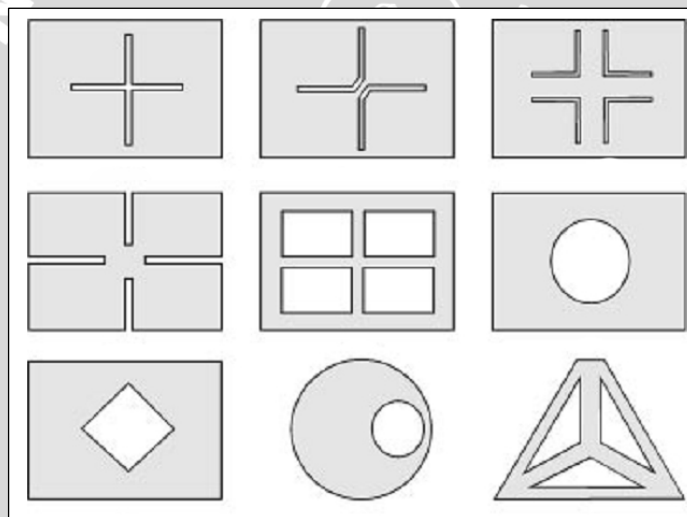
2.3.2 *Wideband Microstrip*

Secara umum antena mikrostrip mempunyai karakteristik yaitu dimensi yang kecil dan efisiensi yang tinggi tetapi mempunyai *bandwidth* yang sempit (*narrowband*). Dengan kebutuhan komunikasi pita lebar saat ini, antena *wideband microstrip* mulai dikembangkan. Untuk melebarkan *bandwidth* antena mikrostrip dilakukan dengan beberapa teknik yaitu modifikasi pada elemen peradiasi, penambahan ketebalan substrat dan variasi dielektrik substrat serta variasi lapisan struktur substrat. Suatu antena

wideband didefinisikan oleh *Federal Communications Commision* (FCC) sebagai antenna yang mempunyai *Percent of Bandwidth* minimal 20% atau *bandwidth* absolute minimal 500 MHz (Xuemin, 2006 : 2). Salah satu jenis dari antenna *wideband microstrip* adalah *U slot*, antenna ini mempunyai elemen peradiasi berbentuk *rectangular* dengan *slot* berbentuk U pada elemen peradiasi.

2.3.3 Teknik Pelebaran *Bandwidth* Antena *Microstrip*

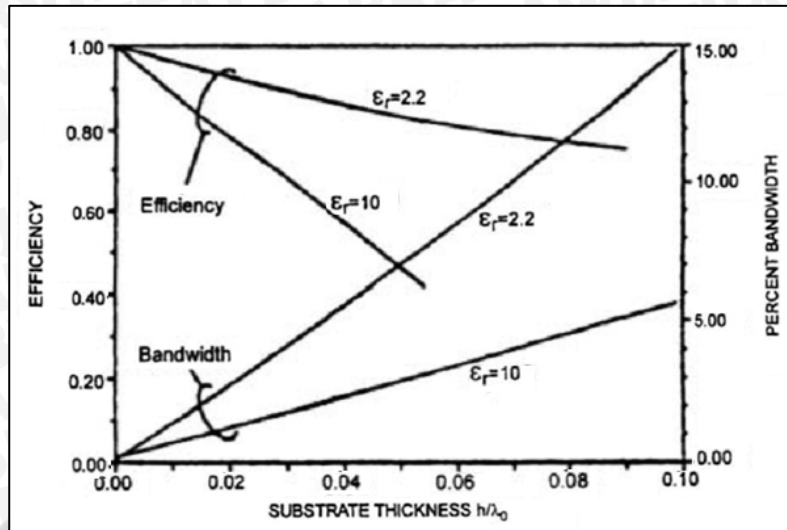
Salah satu teknik untuk melebarkan *bandwidth* adalah teknik penambahan *slot* pada elemen peradiasi. Berbagai macam bentuk elemen peradiasi mulai dari *rectangular*, *circular* maupun *triangular* akan bertambah *bandwidth*-nya jika ditambahkan *slot* pada *patch* tersebut, sementara itu bentuk dari *slot* juga akan mempengaruhi karakteristik dari *patch* antenna tersebut. Berbagai macam bentuk *slot* pada elemen peradiasi dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Berbagai Macam Bentuk Slot pada Elemen Peradiasi

Sumber : Wong, Kin Lu, 2002 : 5

Cara lain yang digunakan untuk melebarkan *bandwidth* antenna mikrostrip adalah menambah ketebalan substrat atau memperlebar jarak antara elemen peradiasi dengan *groundplane*. Substrat sangat berpengaruh pada sebuah antenna mikrostrip, ketebalan substrat (T) serta konstanta dielektrik (ϵ_r) mempengaruhi *bandwidth* antenna.



Gambar 2.8 Pengaruh Ketebalan Substrat dan Dielektrik Terhadap Efisiensi Daya Pancar dan *Bandwidth*

Sumber : Volakis. John, 2007 : 16-4

Gambar 2.8 menunjukkan perbandingan antara ketebalan substrat dan dielektrik dengan *bandwidth* serta efisiensi daya antenna. Dengan ketebalan substrat yang kecil, antenna mikrostrip dapat dianggap sebagai sebuah kapasitor. Dengan semakin besarnya ϵ_r , maka energi yang tersimpan pada antenna semakin besar dan ketebalan substrat semakin kecil, dengan demikian *bandwidth* yang dihasilkan semakin kecil (Volakis. John, 2007: 16-4). Begitu juga sebaliknya, semakin kecil ϵ_r , maka ketebalan substrat bertambah dan *bandwidth* semakin lebar.

2.4 Dimensi Antena *Wideband Microstrip U Slot*

Antena *Wideband Microstrip U slot* terdiri dari bagian *patch* dan *groundplane*, bentuk *slot U* merupakan suatu karakteristik khusus yang menentukan apakah suatu antenna mikrostrip mempunyai *bandwidth* lebar atau sempit. Sementara dimensi *groundplane* mempengaruhi *RL* maupun *VSWR* antenna. Karakteristik dari antenna ini menyerupai karakteristik antenna *rectangular microstrip* tetapi mempunyai *bandwidth* dan *RL* yang lebih baik. Beberapa referensi perancangan menggunakan pendekatan rumus dari antenna *rectangular microstrip*.

2.4.1 Dimensi Elemen Peradiasi

Langkah awal untuk menentukan dimensi elemen peradiasi adalah menentukan frekuensi tengah acuan (f_i). Sementara itu panjang gelombang tengah (λ_i) dihitung dengan persamaan

$$\lambda_i = \frac{c}{f_i} \quad (2-21)$$

Ketebalan substrat (T) merupakan syarat mutlak agar antenna mempunyai *bandwith* lebar. Ketebalan substrat yang didapatkan merupakan nilai batasan minimal agar antenna dapat bekerja *wideband*. Ketebalan substrat (T) harus memenuhi persamaan sebagai berikut (Volakis. John, 2007: 16-31):

$$T \geq 0.06 \frac{\lambda_i}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-22)$$

Lebar patch (A) dapat dihitung dengan persamaan (Milligan. Thomas, 1985: 101)

$$A = \frac{c}{2 \cdot f_i} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2-23)$$

Nilai konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}) harus didapat untuk menghitung perambatan dan propagasi gelombang dalam saluran. Besarnya ϵ_{eff} lebih kecil dari pada ϵ_r . Persamaan ϵ_{eff} adalah sebagai berikut (Balanis, 1997 :728)

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{T}{A} \right]^{-1/2} \quad (2-24)$$

Sehingga dimensi panjang elemen peradiasi (B) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Volakis. John, 2007: 16-33)

$$B = \frac{c}{2 f_i \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta B \quad (2-25)$$

Dimana ΔB didapatkan dari persamaan

$$\Delta B = 0,412 T \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{A}{T} + 0,262 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left(\frac{A}{T} + 0,813 \right)} \quad (2-26)$$

dengan :

B = Panjang elemen peradiasi antena *microstrip* (mm)

ΔB = *The extended incremental length of the patch* (mm)

ϵ_{eff} = Konstanta dielektrik efektif

T = Ketebalan lapisan dielektrik (mm)

A = Lebar elemen peradiasi antena *microstrip* (mm)

f_t = Frekuensi tengah acuan (Hz)

c = Kecepatan cahaya di ruang bebas ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

Dimensi dari lebar slot U (E) merupakan bagian yang mempengaruhi lebar sempitnya dari bandwidth antena, lebar E didapatkan dari persamaan (Volakis. John, 2007: 16-33)

$$E = \frac{\lambda_t}{60} \quad (2-27)$$

Panjang dimensi slot horizontal (D) mempengaruhi impedansi karakteristik antena serta *matching impedance* pada *feeder*, ukuran dari D mempunyai karakteristik khusus yang secara langsung mempengaruhi impedansi sehingga koefisien refleksi serta *VSWR* maupun *RL* besarnya akan mengikuti nilai impedansi karakteristik antena itu sendiri. Panjang D didapatkan dari persamaan (Volakis. John, 2007: 16-33)

$$D = \frac{c}{2f_t \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2(B + 2\Delta B - E) \quad (2-28)$$

Frekuensi kerja antena juga dipengaruhi oleh dimensi slot vertikal (C), dimana C harus memenuhi persyaratan (Volakis. John, 2007: 16-33)

$$\frac{C}{A} \geq 0,3 \text{ dan } \frac{C}{D} \geq 0,75 \quad (2-29)$$

Menghitung permitifitas efektif dan panjang ekstensi efektif pada *pseudo patch* dengan menggunakan lebar efektif dari resonansi sebagai $D - 2F$ (Volakis. John, 2007: 16-33)

$$\epsilon_{eff(pp)} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{T}{D - 2F} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-30)$$

$$2\Delta_{B-E-H} = 0,824 T \frac{(\epsilon_{eff(pp)} + 0,3) \left(\frac{D-2F}{T} + 0,262 \right)}{(\epsilon_{eff(pp)} - 0,258) \left(\frac{D-2F}{T} + 0,813 \right)} \quad (2-31)$$

Menentukan dimensi H sesuai persamaan (Volakis. John, 2007: 16-33)

$$H \approx B-E + 2\Delta_{B-E-H} - \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{eff(pp)}}} \left(\frac{c}{f} - (2C+D) \right) \quad (2-32)$$

Untuk menghitung frekuensi kerja antenna dapat dihitung melalui frekuensi upper dan frekuensi lower dengan menggunakan persamaan (Volakis. John, 2007: 16-31)

$$F_{lower} = \frac{c}{(2\sqrt{\epsilon_{eff}} + B + 2\Delta B + (D/2) - E)} \quad (2-33)$$

$$F_{upper} = \frac{c}{(2C+D) + \sqrt{\epsilon_{eff(pp)}} (B-E-H + 2\Delta_{BEH})} \quad (2-34)$$

2.4.2 Dimensi Groundplane

Groundplane biasa dipakai sebagai bidang pentanahan, sebuah *groundplane* biasanya memiliki ukuran yang lebih lebar dari *patch*. Dimensi efektif *groundplane* pada antenna mikrostrip sekurang-kurangnya adalah dua kali dari dimensi elemen peradiasi. Menentukan dimensi *groundplane* pada antenna mikrostrip sesuai dengan persamaan

$$A_g = 2 x A \quad (2-33)$$

$$B_g = 2 x B \quad (2-34)$$

Dengan :

A_g = Lebar *groundplane* (mm)

B_g = Panjang *groundplane* (mm)

A = Lebar elemen peradiasi (mm)

B = Panjang elemen peradiasi (mm)

2.5 Alokasi Frekuensi 1,8 GHz – 2,6 GHz

Alokasi frekuensi di Indonesia diatur oleh Departemen Komunikasi dan Informatika (Depkominfo). Tabel 2.1 menjelaskan beberapa sistem yang bekerja pada pita frekuensi 1,8 GHz – 2,6 GHz sesuai regulasi. Pada rentang frekuensi ini

kebanyakan dialokasikan untuk sistem *Broadband Wireless Access (BWA)* dan *Personal Communications System (PCS)*.

Tabel 2.1 Alokasi Frekuensi 1,8-2,6 GHz di Indonesia

No	Sistem	Pita Frekuensi (GHz)	f_u (MHz)	f_i (MHz)
1.	<i>BWA</i>	2	2053	2083
2.	<i>BWA</i>	2,3	2300	2400
3.	<i>BWA</i>	2,5	2500-2520	2670-2690
4.	IMT-2000	2,1	1940-1955	2130-2145
5.	<i>PCS</i> 1900	1,9	1850-1910	1930-1990
6.	<i>WiFi</i> 802.11b/g	2,4	2400	2483,5
7.	<i>DCS</i> 1800	1,8	1710-1785	1805-1880

Sumber : Tabulasi Data www.depkominfo.go.id



BAB III METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah mengenai cara mendapatkan data, cara mendapatkan variable, dan cara dalam menganalisis data yang seluruhnya ditunjukkan dalam *flowchart*. Metodologi yang digunakan dalam skripsi ini adalah

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengukuran di Laboratorium *Microwave* Institut Teknologi Telkom Bandung. Hasil yang diperlukan dalam pengukuran berupa besarnya nilai parameter-parameter antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan berupa *VSWR*, *RL*, impedansi masukan, pola radiasi, polarisasi, dan gain. Data primer diperlukan untuk mengetahui nilai parameter-parameter antena yang telah dibuat dan dibandingkan dengan nilai simulasi. Hasil Data sekunder diperoleh dari studi literatur dan hasil simulasi program.

3.2 Perencanaan dan Pembuatan Antena *Wideband Microstrip*

Dalam merancang dan membuat Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan dilakukan beberapa hal yaitu

- Membuat *slot* tambahan pada sisi vertikal *U slot*.
- Melakukan optimasi menggunakan *software high frequency structural simulator* pada *slot* tambahan untuk mendapatkan dimensi antenna dengan unjuk kerja paling baik.
- Fabrikasi antena dilakukan setelah didapatkan dimensi antena hasil optimasi.

3.3 Rancangan Pengujian

Untuk mengetahui karakteristik dari antena yang sudah difabrikasi maka dilakukan pengukuran terhadap beberapa parameter antena pada frekuensi kerjanya. Pengukuran ini diperlukan karena hasil dari pengukuran lapangan akan menunjukkan performansi antena yang sebenarnya. Jangkauan frekuensi yang akan digunakan dalam pengukuran adalah 1600 - 3000 MHz. Pengukuran ini meliputi

3.3.1 Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul dan *VSWR*.

Alat yang digunakan untuk parameter ini adalah *RF Network Analyzer* yang dioperasikan pada jangkauan frekuensi dengan interval tertentu.

3.3.2 Pengukuran *Gain Antena*.

Alat yang digunakan adalah *Sweep Oscillator*, *Spectrum Analyzer*, antena dipole $\lambda/2$ sebagai antena referensi dan antena *double ridge horn* sebagai antena pemancar. Antena ini digunakan sebagai antena standar dengan nilai penguatan yang sudah diketahui sebelumnya. Penguatan antena ini kemudian dibandingkan dengan penguatan antena yang diukur (antena mikrostrip).

3.3.3 Pengukuran Pola Radiasi.

Peralatan yang digunakan adalah *Sweep Oscillator*, *Spectrum Analyzer* dan antena *double ridge horn* sebagai antena referensi.

Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antena penerima (antena *wideband microstrip*) mulai dari 0° sampai dengan 360° dengan antena *double ridge horn* tetap pada posisinya. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola radiasi antena dari setiap sudut azimut pada bidang horisontal dan elevasi untuk bidang vertikal.

3.3.4 Pengukuran Polarisasi.

Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola perambatan medan elektrik dari antena yang dibuat. Antena yang diukur diberlakukan sebagai antena penerima dan antena *double ridge horn* sebagai antena pemancarnya. Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antena penerima (antena yang diuji) dengan interval sudut tertentu terhadap bidang vertikal sampai 360° .

Peralatan yang digunakan adalah *Sweep Oscillator*, *Spectrum Analyzer* dan antena *double ridge horn* sebagai antena referensi.

3.3.5 Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

Untuk menghitung *directivity* antena dapat dilakukan setelah didapatkan nilai sudut lebar berkas setengah daya (*half power beamwidth*) untuk pola radiasi. Penghitungan *directivity* ini bertujuan untuk mengetahui keterarahan antena.

3.3.6 Perhitungan *Bandwidth*

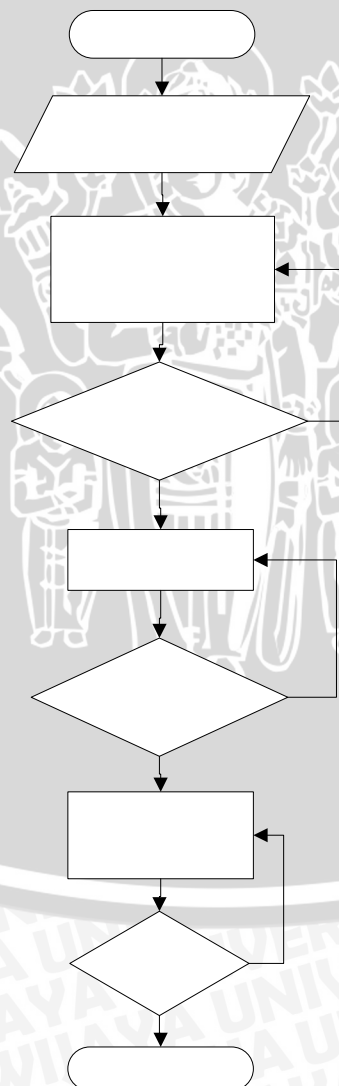
Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung selisih antara frekuensi atas dan frekuensi bawah pada pengukuran nilai $VSWR \leq 2$ atau $RL < -10$ dB.

3.4 Analisis Antena

Tahap selanjutnya adalah analisis antena yang telah dibuat. Pada tahap ini dilakukan perhitungan dan perbandingan parameter-parameter antena hasil perencanaan dengan parameter-parameter antena hasil pengujian.

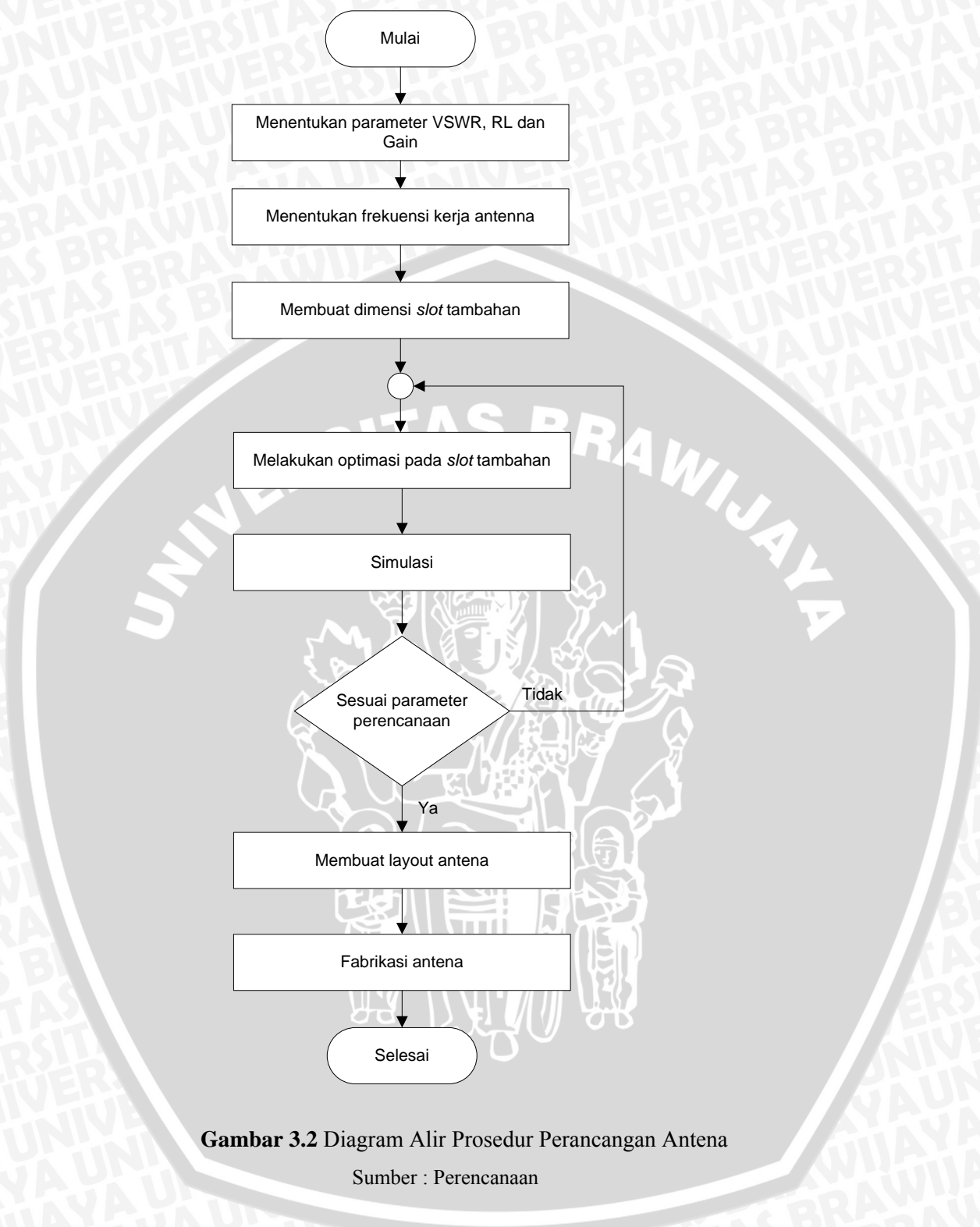
3.5 Diagram Alir

Secara sistematis prosedur pengerjaan skripsi dapat dilihat pada diagram alir berikut ini



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Pengerjaan Skripsi

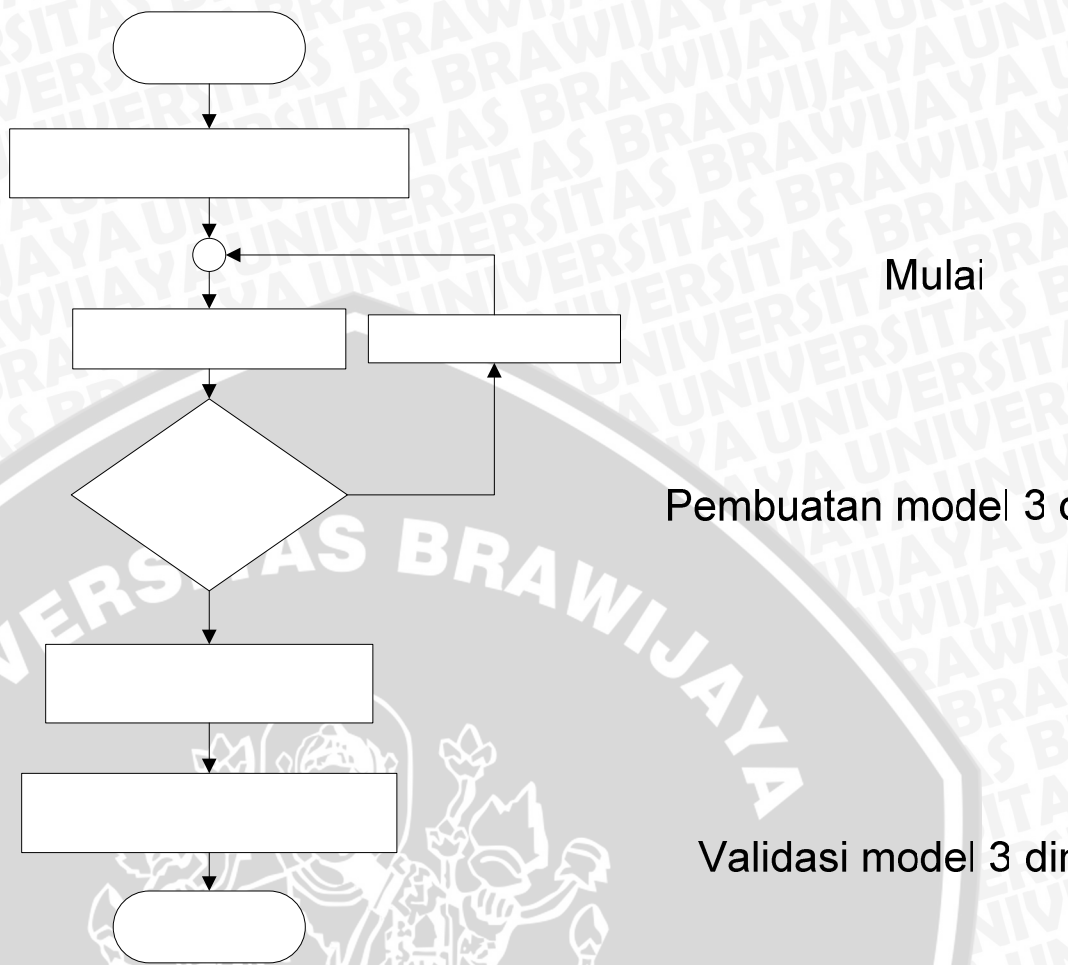
Sumber : Perencanaan



Gambar 3.2 Diagram Alir Prosedur Perancangan Antena

Sumber : Perencanaan





Gambar 3.3 Diagram Alir Prosedur Simulasi Antena

Sumber : Perencanaan

3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan ditulis setelah mendapatkan hasil dari pengukuran parameter-parameter antena yang diuji dan dibandingkan dengan perencanaan yang ada, serta memberikan saran untuk lebih meningkatkan performansi antena yang telah dibuat.

Model Valid

Ya

Analisis model 3D

Membuat laporan berupa VSWR dan RL

Selesai

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

4.1 Tinjauan Umum

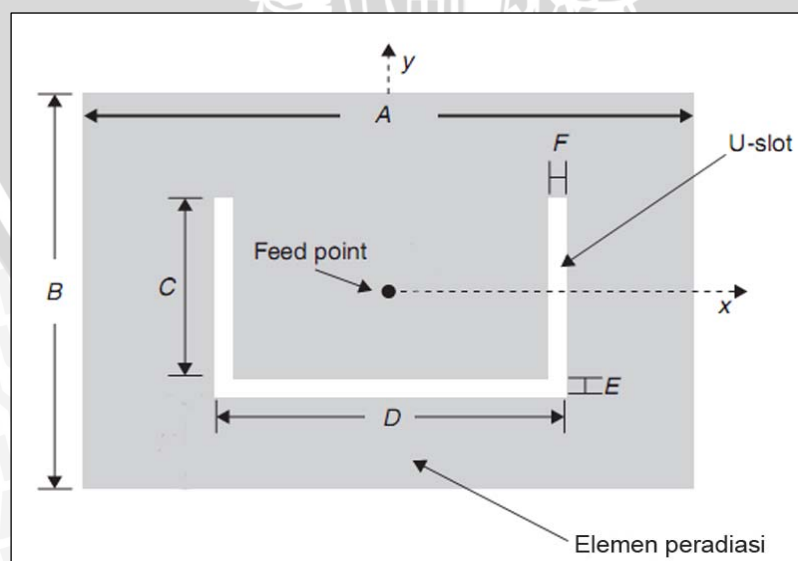
Antena mikrostrip adalah antena yang dibuat diatas bahan substrat tertentu dengan elemen peradiasi yang terletak di salah satu sisi substrat dan sisi yang lain adalah bidang konduktor yang berfungsi sebagai bidang pentanahan (*ground plane*).

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perencanaan dimensi elemen peradiasi dan dimensi *groundplane*. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan impedansi masukan, *return loss*, *gain*, *bandwidth*, pola radiasi, polarisasi, dan *directivity* pada frekuensi kerja antena dengan menggunakan teori yang telah dijelaskan pada bab II.

4.2 Perencanaan Dimensi Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan Slot Tambahan

Langkah awal untuk menentukan dimensi antena adalah merancang dimensi elemen peradiasi berdasarkan frekuensi tengah acuan (f_i). Frekuensi tengah acuan (f_i) dipilih sebesar 2,2 GHz.

Bandwith acuan antena ini diharapkan dapat melebihi bandwidth Antena *Wideband Microstip U Slot* yang mempunyai bandwidth 740 MHz. *Bandwidth* yang dihasilkan adalah 890 MHz sehingga didapatkan (f_i) = 1750 MHz dan (f_u) = 2640. Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 merupakan gambar Antena *Wideband Microstip U Slot*.

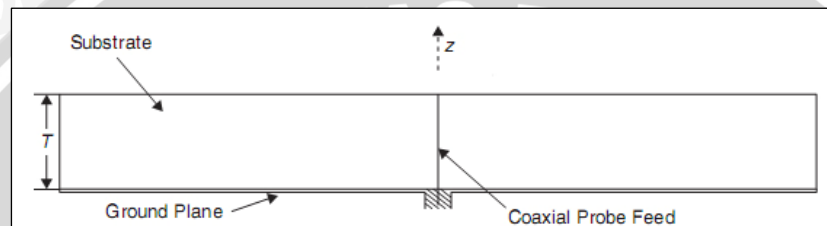


Gambar 4.1 Elemen Peradiasi Antena *Wideband Microstip U Slot* (Tampak Atas)

Sumber: Volakis. John, 2007:16-23

Keterangan gambar:

B	= Lebar elemen peradiasi antena <i>microstrip</i>	= 0,052 m
A	= Panjang elemen peradiasi antena <i>microstrip</i>	= 0,07 m
E/F	= Lebar sisi horizontal dan vertikal <i>slot U</i>	= 0,0042 m
D	= Panjang sisi horizontal <i>slot U</i>	= 0,024 m
C	= Panjang sisi vertikal <i>slot U</i>	= 0,039 m
B_g	= Lebar groundplane	= 0,078 m
A_g	= Panjang groundplane	= 0,105 m



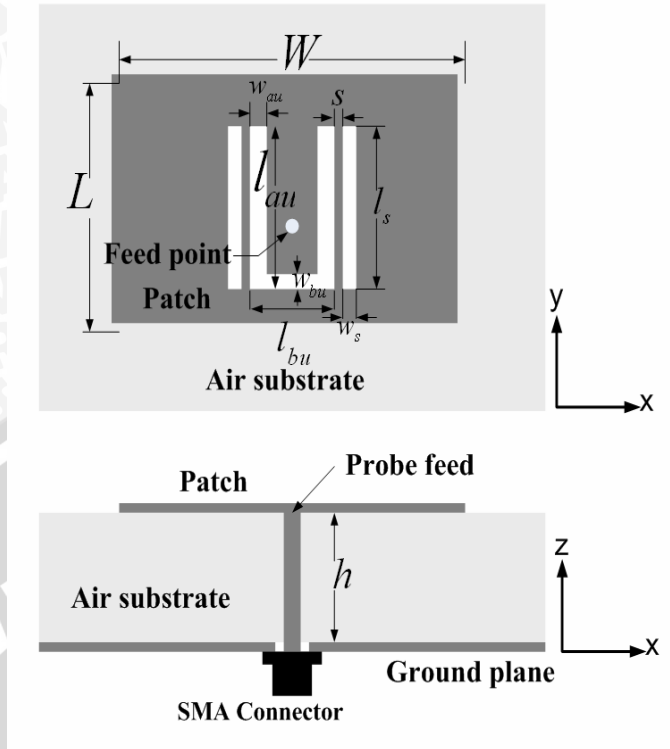
Gambar 4.2 Antena *Wideband Microstrip U Slot* (Tampak Samping)

Sumber: Volakis. John, 2007:16-23

Keterangan gambar:

T	= Jarak antara <i>groundplane</i> dengan <i>patch</i>	= 0,01 m
-----	---	----------

Gambar dibawah ini merupakan gambar Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan serta dimensi panjang dan lebar elemen peradiasi yang telah dioptimasi.



Gambar 4.3 Elemen Peradiasi (Tampak atas) dan Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot Tambahan* (Tampak samping)
(Sumber: Volakis. John, 2007:16-23)

Keterangan :

W	$= A$	= Panjang <i>patch</i> (m)	= 0,072 m
L	$= B$	= Lebar <i>patch</i> (m)	= 0,052 m
w_{au}	$= F$	= Lebar sisi vertikal <i>slot U</i> (m)	= 0,0042 m
w_{bu}	$= E$	= Lebar sisi horizontal <i>slot U</i> (m)	= 0,0042 m
w_s		= Lebar <i>slot</i> tambahan (m)	= 0,002 m
s		= Jarak antara <i>slot U</i> dan tambahan (m)	= 0,002 m
l_{au}	$= C$	= Panjang sisi vertikal <i>slot U</i> (m)	= 0,039 m
l_s		= Panjang <i>slot</i> tambahan (m)	= 0,039 m
l_{bu}	$= D$	= Panjang sisi horizontal <i>slot U</i> (m)	= 0,024 m
h	$= T$	= Jarak antara <i>groundplane</i> dengan <i>patch</i> (m)	

4.3 Perencanaan Mekanisme Pencatuan Antena Mikrostrip

Pada perancangan antena untuk penyelesaian skripsi ini akan menggunakan tipe pencatuan dengan skema kontak langsung, yaitu *coaxial feed*, dimana konduktor bagian dalam dari kabel *coaxial* dihubungkan dengan elemen peradiasi dan konduktor bagian luar dari kabel *coaxial* dihubungkan dengan bidang pentanahan. Penentuan *feed point*

dengan metode *coaxial feed* berada pada kordinat (0,0) untuk mendapatkan *input impedance* 50 ohm.

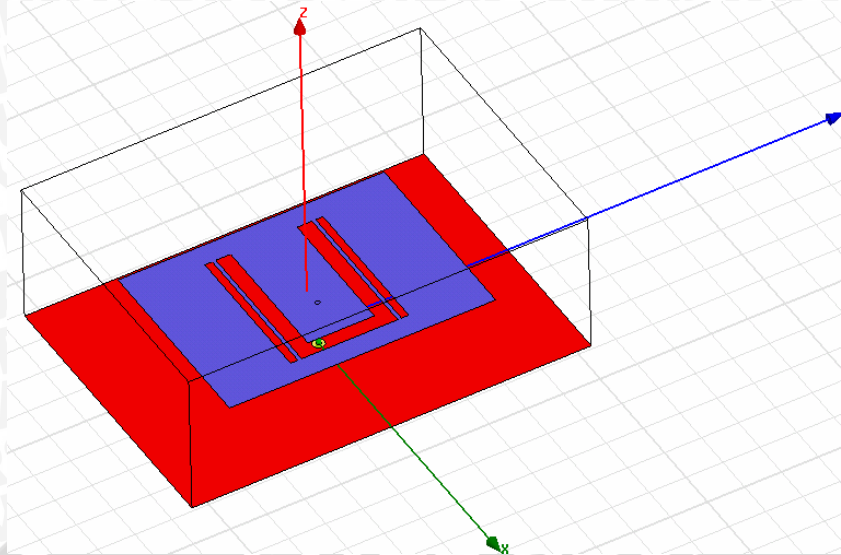
4.4 Simulasi

Simulasi dilakukan untuk mengetahui kinerja antenna hasil perencanaan, simulasi ini menggunakan *software high frequency structural simulator* Ansoft HFSS V 9.2. Ansoft ahli dalam penggunaan metode *finite* elemen untuk simulasi elektromagnetik dengan mengembangkan atau menerapkan teknik-teknik seperti *tangensial finite vector element* dan *adaptive meshing*. Ansoft mampu menyelesaikan bentuk tiga dimensi khususnya kurva dan bentuk yang kompleks. Antena hasil perancangan disimulasikan sebagai antenna penerima yang dikenai medan elektromagnetik, ansoft dapat mensimulasikan model struktur tiga dimensi (3D) dengan keadaan ideal yaitu tanpa adanya interferensi maupun noise. Beberapa parameter yang didapatkan pada simulasi adalah *VSWR*, *RL*, dan *gain*.

4.4.1 Langkah Simulasi

Dalam simulasi Antena *Wideband Microstrip U Slot* dilakukan beberapa tahapan proses yaitu

- Pembuatan model 3D yang meliputi pembuatan model elemen peradiasi, model *groundplane*, model pencatutan dan pemilihan bahan yang akan digunakan. Gambar 4.3 menampilkan model 3D yang telah dibuat.
- Validasi model 3D untuk mengetahui apakah model yang dibuat memenuhi syarat untuk proses analisis selanjutnya.
- Analisis model 3D dengan proses komputasi dan perhitungan matrik.
- Membuat laporan hasil simulasi dengan menampilkan grafik *VSWR* dan *RL*.

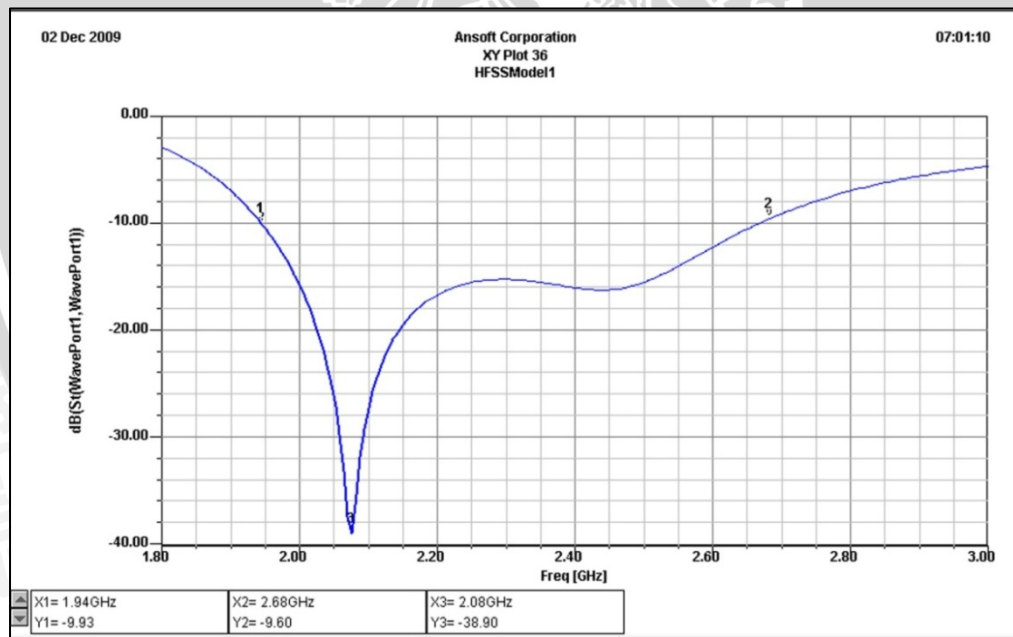


Gambar 4.4 Model 3D Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan

Sumber : Simulasi

4.4.2 Hasil Simulasi

Hasil simulasi *RL* dari antena *Wideband Microstrip U Slot* ditunjukkan pada Gambar 4.5.

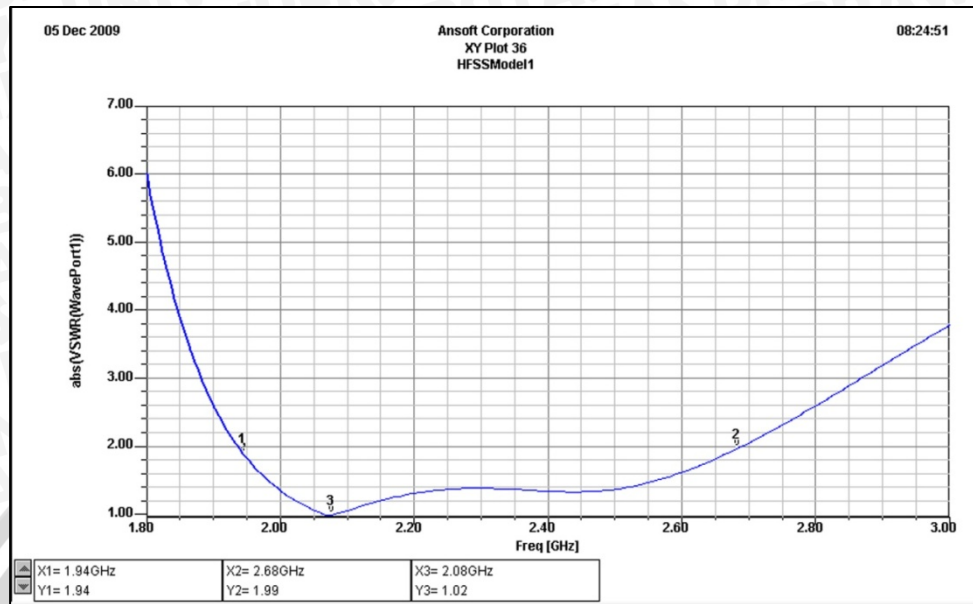


Gambar 4.5 Hasil Simulasi Nilai *Return Loss*

Sumber : Simulasi

Hasil simulasi gambar 4.5 menunjukkan bahwa antena ini bekerja pada frekuensi bawah terletak pada X1 sebesar 1,94 GHz dan frekuensi atas terletak pada X2 sebesar 2,68 GHz dengan besar *bandwidth* 740 MHz dan nilai *RL* minimum terletak

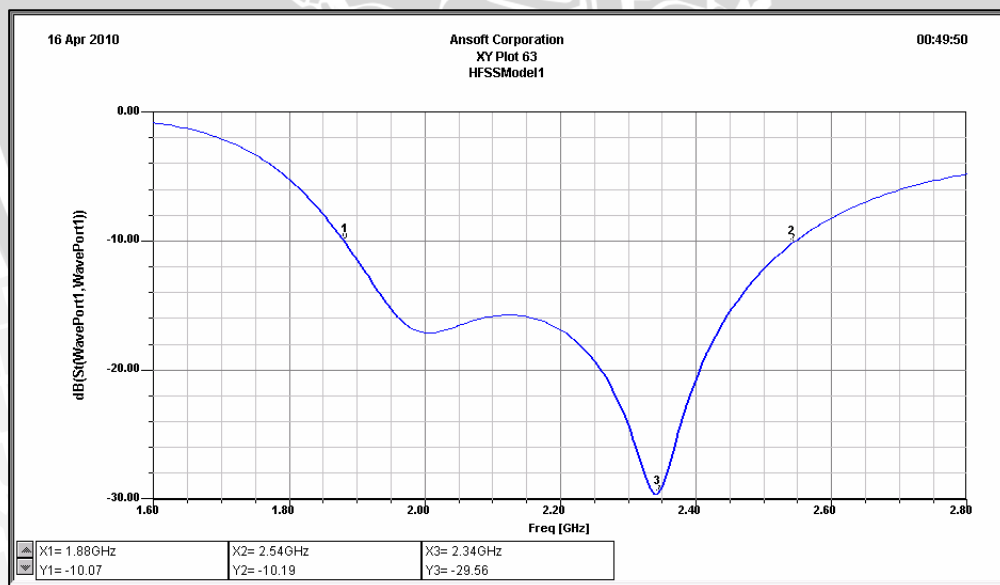
pada Y3 sebesar -38,83 dB. Sementara itu hasil simulasi *VSWR* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Gambar *VSWR* Terhadap Frekuensi

Sumber : Simulasi

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa frekuensi bawah terletak pada X1 sebesar 1,94 GHz. Frekuensi atas pada X2 sebesar 2,68 GHz dan nilai *VSWR* terletak pada Y3 sebesar 1,02. Hasil simulasi *RL* untuk antenna *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan ditunjukkan pada Gambar 4.7



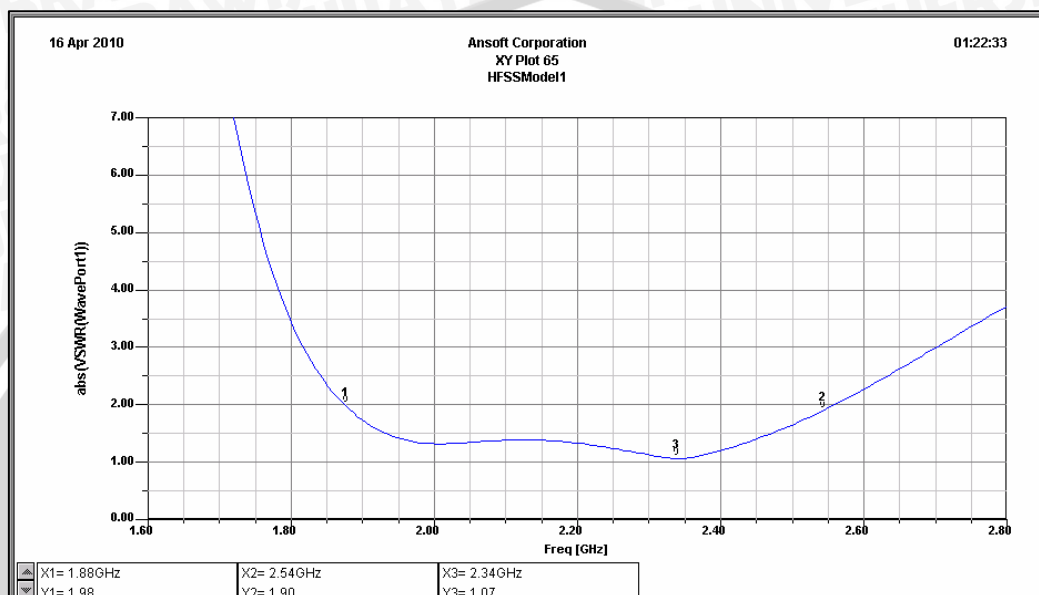
Gambar 4.7 Hasil Simulasi Nilai *Return Loss*

Sumber : Simulasi

Hasil simulasi gambar 4.7 dapat dilihat bahwa antenna ini bekerja pada frekuensi bawah X1 sebesar 1,88 GHz dan frekuensi atas pada X2 sebesar 2,54 GHz dengan besar

bandwidth 660 MHz dan nilai *RL* minimum pada Y3 sebesar -29,56 dB. Hasil simulasi antenna *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan yang diperoleh lebih jelek jika dibandingkan dengan hasil simulasi antenna *Wideband Microstrip U Slot*. Hal ini disebabkan karena perubahan dimensi antenna serta penambahan *slot* menyebabkan

banyak perubahan karakteristik antenna *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan. Hasil simulasi *VSWR* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Gambar *VSWR* Terhadap Frekuensi

Sumber : Simulasi

Simulasi *VSWR* menunjukkan bahwa frekuensi bawah pada X1 sebesar 1,88 GHz dan frekuensi atas pada X2 sebesar 2,54 GHz dengan nilai *VSWR* terbaik yaitu pada Y3 dengan nilai 1,07 pada frekuensi 2,34 GHz.

4.5 Optimasi Dimensi Antena *Wideband Microstrip U Slot*

Optimasi dilakukan agar antenna dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan yaitu bekerja pada frekuensi 1,8 GHz - 2,6 GHz, dengan *bandwidth* ≥ 750 MHz.

Untuk melakukan optimasi dapat dilakukan dengan merubah dimensi slot U dan slot tambahan elemen peradiasi hingga didapatkan hasil yang paling optimum. Dalam skripsi ini digunakan simulator Ansoft HFSS V 9.2 untuk mensimulasikan perubahan dimensi antenna.

4.5.1 Optimasi Lebar Sisi Vertikal *Slot* U (w_{au})

Lebar sisi vertikal *slot* U mempengaruhi *return loss minimum* dan *bandwidth*. Semakin lebar sisi vertikal *slot* U, nilai *return loss minimum* semakin tinggi. Semakin

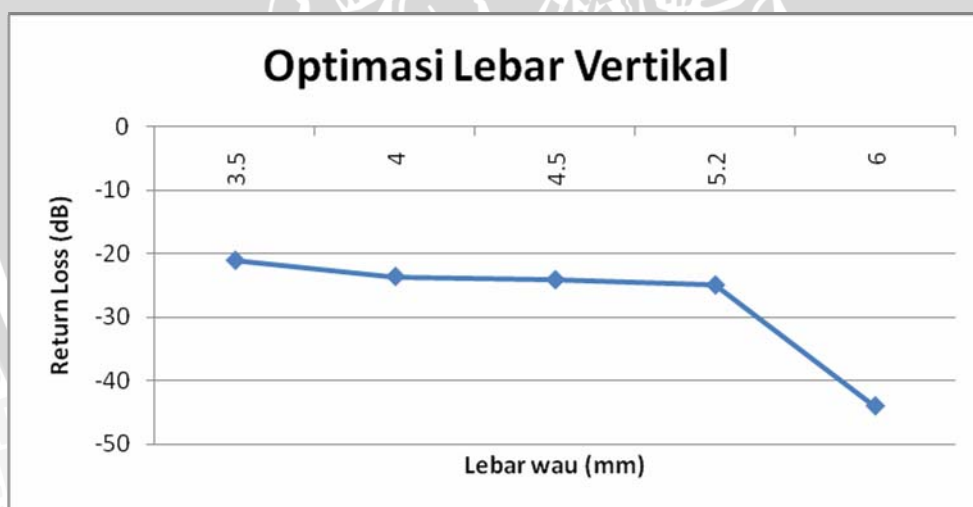
lebar sisi vertikal *slot* U, nilai *bandwidth* juga akan semakin tinggi. Dimensi yang digunakan pada optimasi ini adalah dimensi antena hasil perancangan yang belum dioptimasi, parameter yang diubah hanya lebar w_{au} , sementara parameter lain tetap. Optimasi w_{au} dilakukan hingga didapatkan *bandwidth* 750 MHz, dan *return loss minimum* -44,02 dengan panjang w_{au} adalah 6 mm. Hasil optimasi bisa dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Optimasi Lebar Sisi Vertikal *Slot* U (w_{au}) Saat Parameter Lain Tetap

Lebar w_{au} (mm)	<i>Bandwith</i> (MHz)	<i>Return Loss minimum</i> (dB)	Frekuensi Tengah (MHz)
3,5	670	-20,98	2150
4	680	-23,54	2175
4,5	690	-24,06	2220
5,2	730	-24,89	2215
6	750	-44,02	2255

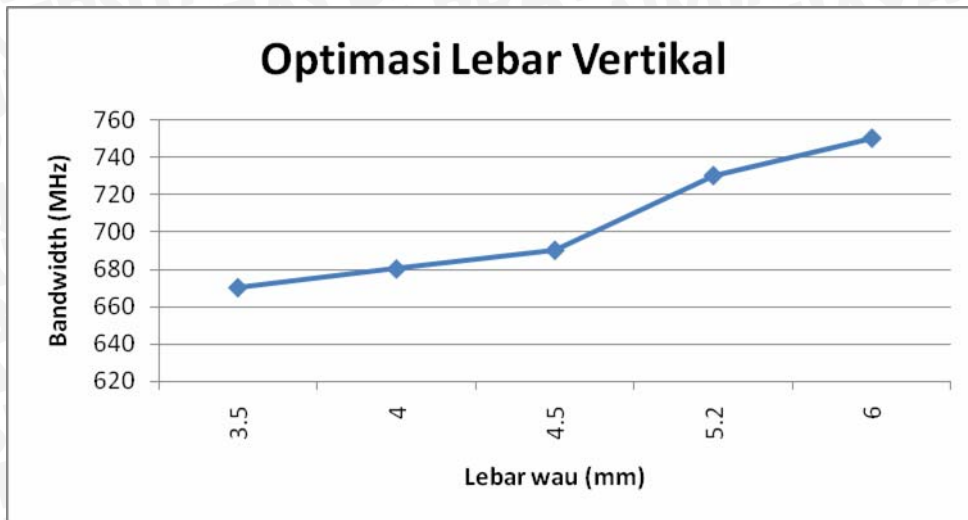
Sumber : Simulasi

Gambar 4.9 merupakan tampilan grafik perubahan *RL minimum* dari hasil optimasi lebar sisi vertikal *slot* U (w_{au}) saat parameter lain tetap dan gambar 4.10 adalah tampilan grafik perubahan *bandwidth* dari hasil optimasi lebar sisi vertikal *slot* U (w_{au}) saat parameter lain tetap.



Gambar 4.9 Grafik Optimasi w_{au} terhadap *RL Minimum*

Sumber : simulasi



Gambar 4.10 Grafik Optimasi w_{au} terhadap *Bandwidth*

Sumber : simulasi

4.5.2 Optimasi Lebar Slot U (l_{bu})

Lebar *slot* U mempengaruhi nilai dari frekuensi kerja, semakin lebar *slot* U maka frekuensi kerja semakin rendah. Optimasi lebar *slot* U juga mempengaruhi nilai *bandwidth*, semakin lebar *slot* U maka *bandwidth* akan semakin tinggi. Pada optimasi lebar l_{bu} , dimensi yang dipakai adalah

$$\begin{aligned}
 w_{bu} &= 0,0042 \text{ m} & l_{au} &= 0,039 \text{ m} & w_{au} &= 0,006 \text{ m} \\
 w_s &= 0,002 \text{ m} & l_s &= 0,039 \text{ m} \\
 s &= 0,002 \text{ m} & l_{bu} &= 0,024 \text{ m}
 \end{aligned}$$

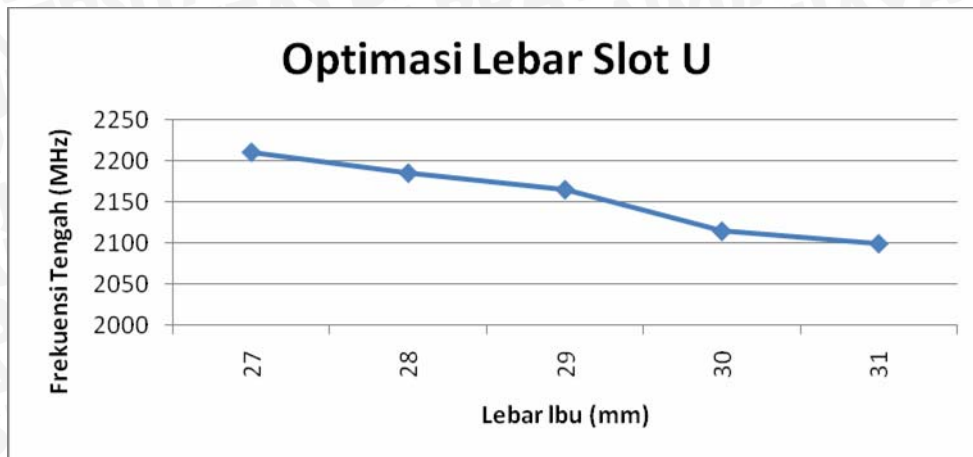
Frekuensi kerja terendah dengan nilai 2,1 GHz dan *bandwidth* tertinggi diperoleh saat lebar l_{bu} adalah 31 mm . Hasil optimasi lebar *slot* U dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Optimasi Lebar *Slot* U (l_{bu}) Saat Nilai w_{au} Tetap

Lebar l_{bu} (mm)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Return Loss minimum</i> (dB)	Frekuensi Tengah (MHz)
27	760	-29,38	2210
28	770	-23,44	2185
29	770	-41,26	2165
30	800	-27,88	2115
31	800	-32,63	2100

Sumber : Simulasi

Gambar 4.11 merupakan tampilan grafik perubahan frekuensi tengah dari hasil optimasi lebar *slot* U (l_{bu}) saat nilai w_{au} tetap.



Gambar 4.11 Grafik Optimasi l_{bu} terhadap Frekuensi Tengah

Sumber : simulasi

4.5.3 Optimasi Lebar Sisi Horizontal Slot U (w_{bu})

Lebar slot berpengaruh pada *bandwidth*, semakin lebar slot maka *bandwidth* yang dihasilkan semakin besar pada level tertentu. Pada optimasi lebar w_{bu} dimensi yang dipakai adalah

$$\begin{aligned}
 w_{bu} &= 0,0042 \text{ m} & l_{au} &= 0,039 \text{ m} & w_{au} &= 0,006 \text{ m} \\
 w_s &= 0,002 \text{ m} & l_s &= 0,039 \text{ m} \\
 s &= 0,002 \text{ m} & l_{bu} &= 0,031 \text{ m}
 \end{aligned}$$

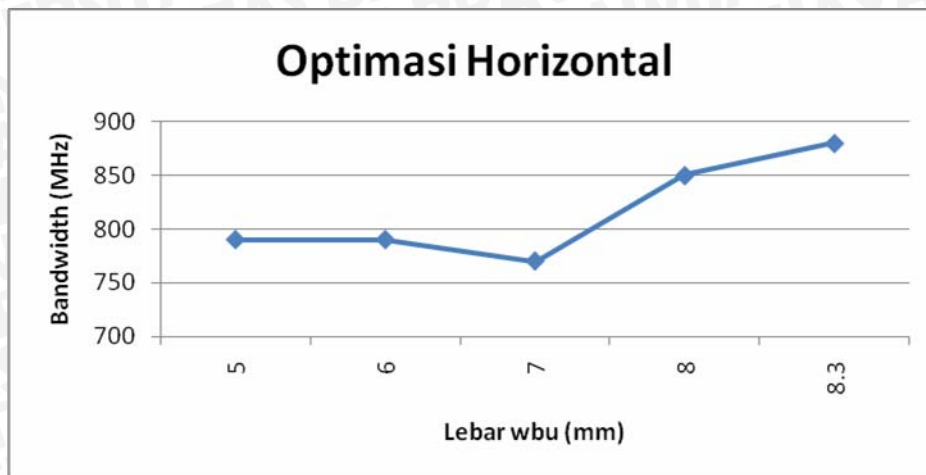
Bandwidth paling lebar dengan nilai 880 MHz didapatkan saat w_{bu} bernilai 8,3 mm. Tabel 4.3 menunjukkan hasil optimasi lebar slot w_{bu} .

Tabel 4.3 Hasil Optimasi Lebar Sisi Horizontal Slot U (w_{bu}) Saat Nilai w_{au} dan l_{bu} Tetap

Lebar w_{bu} (mm)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Return Loss minimum</i> (dB)	Frekuensi Tengah (MHz)
5	790	-23,66	2125
6	790	-30,64	2125
7	770	-32,38	2155
8	850	-32,50	2195
8,3	880	-34,80	2230

Sumber : Simulasi

Gambar 4.12 merupakan tampilan grafik perubahan *bandwidth* dari hasil optimasi lebar sisi horizontal slot U (w_{bu}) saat nilai w_{au} dan l_{bu} tetap.



Gambar 4.12 Grafik Optimasi wbu terhadap Bandwidth

Sumber : simulasi

4.5.4 Optimasi Panjang Slot Tambahan (l_s)

Panjang *slot* tambahan berpengaruh terhadap frekuensi kerja antenna. Pada dimensi tertentu frekuensi kerja antenna menunjukkan bekerja pada *dual* frekuensi. Saat panjang *slot* tambahan l_s 0,037 m diperoleh hasil antenna bekerja pada frekuensi 1,79 GHz – 2,08 GHz dengan *RL* minimum -16,75 dB dan 2,2 GHz – 2,68 GHz dengan *RL* minimum -27,36 dB. Dimensi yang dipakai pada optimasi *slot* tambahan l_s adalah:

$$\begin{array}{lll}
 w_{bu} = 0,0083 \text{ m} & l_{au} = 0,039 \text{ m} & w_{au} = 0,006 \text{ m} \\
 w_s = 0,002 \text{ m} & l_s = 0,039 \text{ m} & \\
 s = 0,002 \text{ m} & l_{bu} = 0,031 \text{ m} &
 \end{array}$$

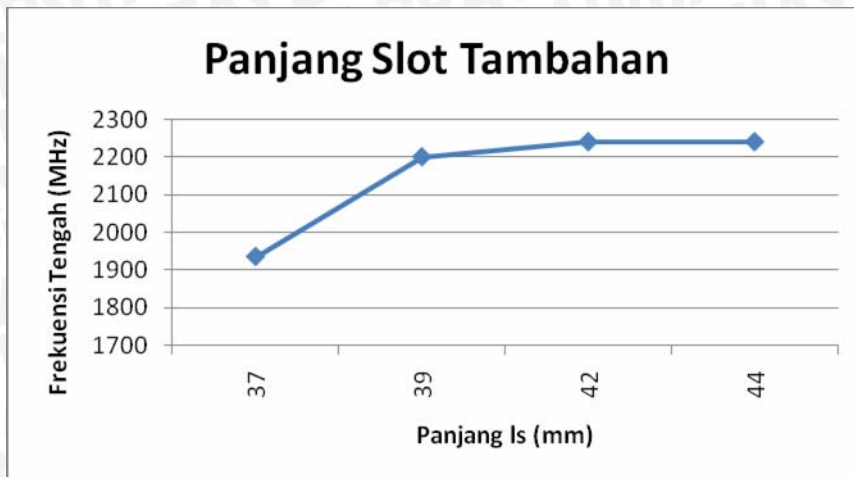
Frekuensi kerja paling maksimum didapatkan saat panjang $l_s = 0,044$ m. Tabel 4.4 menunjukkan hasil optimasi panjang l_s .

Tabel 4.4 Hasil Optimasi Panjang Slot Tambahan (l_s) Saat Nilai w_{au} , l_{bu} , dan w_{bu} Tetap

Panjang l_s (mm)	Bandwidth (MHz)	Return Loss minimum (dB)	Frekuensi Tengah (MHz)
37	290	-16,75	1935
39	860	-35,16	2200
42	880	-25,85	2240
44	880	-26,68	2240

Sumber : Simulasi

Gambar 4.13 merupakan tampilan grafik perubahan frekuensi tengah dari hasil optimasi panjang *slot* tambahan (l_s) saat nilai w_{au} , l_{bu} , dan w_{bu} tetap.



Gambar 4.13 Grafik Optimasi l_s terhadap Frekuensi Kerja

Sumber : simulasi

4.5.5 Optimasi Jarak antara Slot U dan Slot Tambahan (s)

Optimasi jarak antara slot U dan slot tambahan berpengaruh pada nilai RL minimum yang didapatkan. Perubahan dimensi jarak antar-slot dengan perubahan RL minimum tidak linier sehingga data diambil dengan nilai yang terbaik. Saat jarak antar-slot 0,0005 m diperoleh hasil antenna bekerja dual frekuensi yaitu pada frekuensi 1,77 GHz – 2,08 GHz dengan RL minimum -15,57 dan frekuensi 2,15 GHz – 2,66 GHz dengan RL minimum -42,95. Pada optimasi jarak antara slot U dan slot tambahan dimensi yang dipakai adalah

$$\begin{array}{lll}
 w_{bu} = 0,0083 \text{ m} & l_{au} = 0,039 \text{ m} & w_{au} = 0,006 \text{ m} \\
 w_s = 0,002 \text{ m} & l_s = 0,044 \text{ m} & \\
 s = 0,002 \text{ m} & l_{bu} = 0,031 \text{ m} &
 \end{array}$$

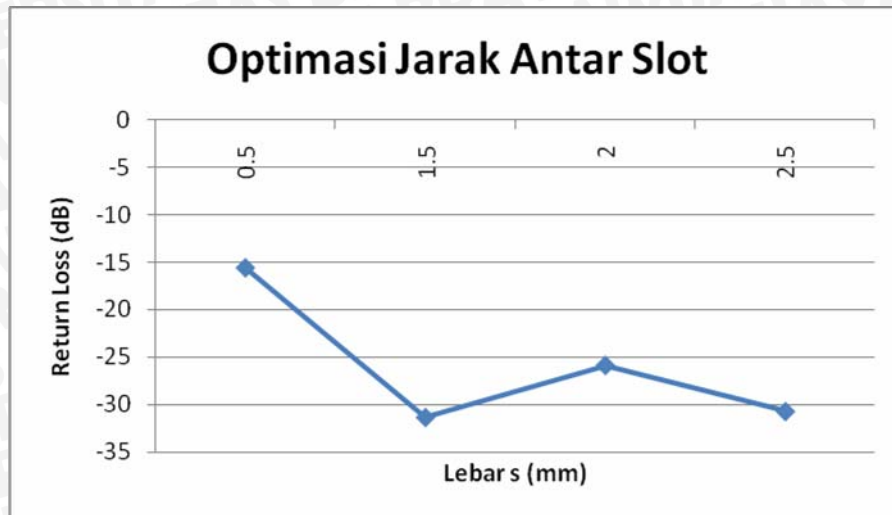
Nilai RL minimum terbaik didapatkan saat dimensi jarak antara slot U dan slot tambahan bernilai 1,5 mm. Hasil optimasi s dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Optimasi Jarak antara Slot U dan Slot Tambahan Saat Nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} dan l_s Tetap.

Jarak s (mm)	Bandwith (MHz)	Return Loss minimum (dBm)	Frekuensi Tengah (MHz)
0,5	310	-15,57	1925
1,5	880	-31,39	2230
2	890	-25,89	2245
2,5	890	-30,77	2215

Sumber : Simulasi

Gambar 4.14 merupakan tampilan grafik perubahan RL minimum dari hasil optimasi jarak antara slot U dan slot tambahan (s) saat nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} dan l_s tetap.



Gambar 4.14 Grafik Optimasi s terhadap RL Minimum

Sumber : simulasi

4.5.6 Optimasi Panjang Slot U (l_{au})

Optimasi panjang slot U berpengaruh pada frekuensi kerja antenna dan RL minimum. Dimensi optimasi panjang slot U dan pengaruhnya memperoleh nilai yang tidak linier. Pada dimensi tertentu frekuensi kerja antenna menunjukkan bekerja pada dual frekuensi. Saat panjang slot U 0,040 m diperoleh hasil antenna bekerja pada frekuensi 1,81 GHz – 2,01GHz dengan RL minimum -13,02 dB dan 2,25 GHz – 2,7 GHz dengan RL minimum -45,47 dB. Dimensi yang dipakai pada optimasi slot U (l_{au}) adalah:

$$\begin{array}{lll}
 w_{bu} = 0,0083 \text{ m} & l_{au} = 0,039 \text{ m} & w_{au} = 0,006 \text{ m} \\
 w_s = 0,002 \text{ m} & l_s = 0,044 \text{ m} & \\
 s = 0,0015 \text{ m} & l_{bu} = 0,031 \text{ m} &
 \end{array}$$

Nilai frekuensi kerja antenna yang dipilih yaitu pada frekuensi 2180 MHz dengan nilai RL minimum -34,07 dB saat panjang slot U 0,042 m.

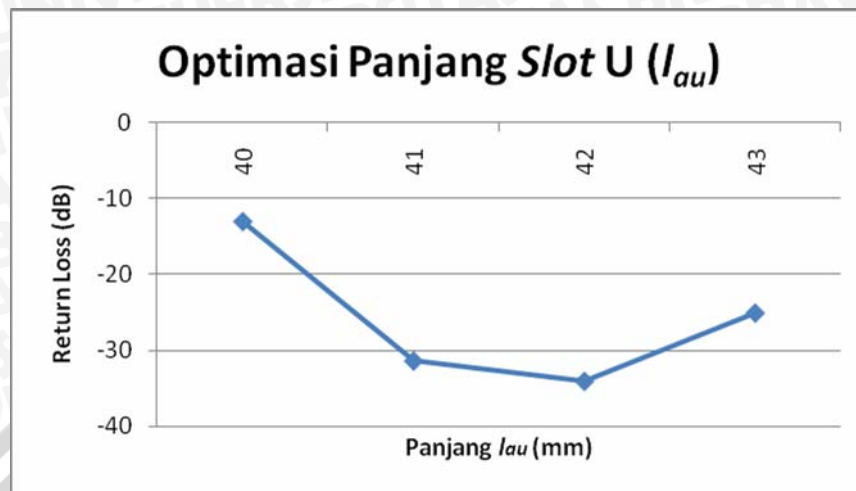
Tabel 4.6 Hasil Optimasi Panjang Slot U Saat Nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , l_s , dan s Tetap

Panjang l_{au} (mm)	Bandwith (MHz)	Return Loss minimum (dBm)	Frekuensi Tengah (MHz)
40	200	-13,02	1910
41	880	-31,39	2230
42	860	-34,07	2180
43	850	-25,07	2175

Sumber : Simulasi

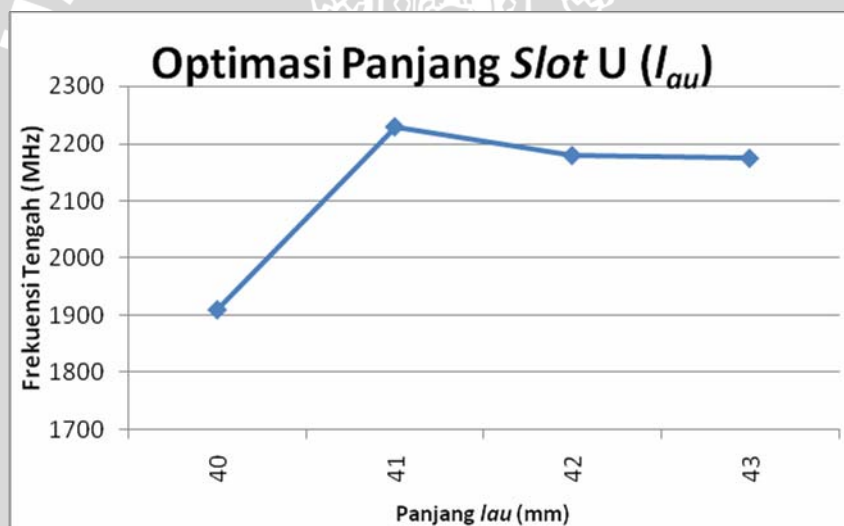
Gambar 4.15 merupakan tampilan grafik perubahan RL minimum dari hasil optimasi panjang slot U saat nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , l_s , dan s tetap dan gambar 4.16 adalah

tampilan grafik perubahan frekuensi kerja dari hasil optimasi panjang *slot* U saat nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , l_s , dan s tetap.



Gambar 4.15 Grafik Optimasi l_{au} terhadap *RL Minimum*

Sumber : simulasi



Gambar 4.16 Grafik Optimasi l_{au} terhadap Frekuensi Tengah

Sumber : simulasi

4.5.7 Optimasi Lebar Slot Tambahan (w_s)

Optimasi lebar *slot* tambahan berpengaruh pada frekuensi kerja antena, *bandwidth* dan *RL* minimum. Saat lebar *slot* tambahan bernilai 0,008 m frekuensi kerja antena menunjukkan bekerja pada *dual* frekuensi yaitu pada frekuensi 1,74 GHz – 1,98 GHz dengan *RL* minimum -15,34 dB dan 2,2 GHz – 2,67 GHz dengan *RL* minimum -32,45 dB. Dimensi yang dipakai pada optimasi lebar *slot* tambahan (w_s) adalah:

$$\begin{array}{lll}
 w_{bu} = 0,0083 \text{ m} & l_{au} = 0,042 \text{ m} & w_{au} = 0,006 \text{ m} \\
 w_s = 0,002 \text{ m} & l_s = 0,044 \text{ m} &
 \end{array}$$

$$s = 0,0015 \text{ m} \quad l_{bu} = 0,031 \text{ m}$$

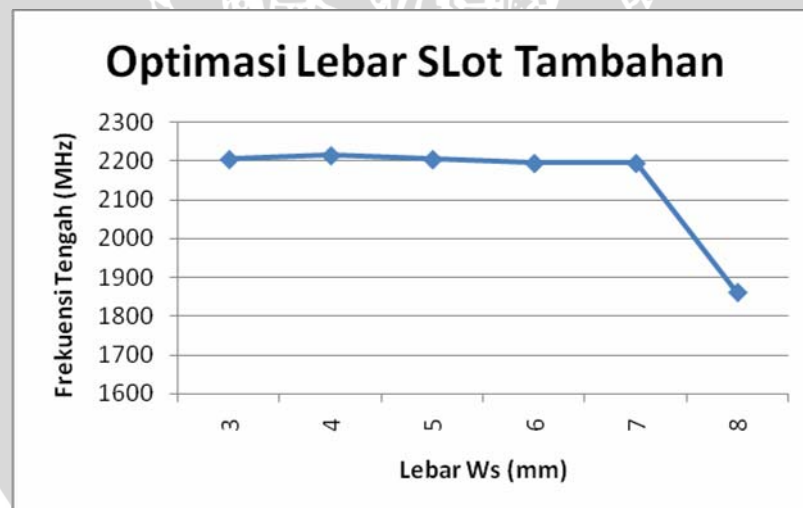
Nilai frekuensi kerja antenna yang dipilih yaitu pada frekuensi 2195 MHz dengan nilai RL minimum -40,23 dB dan *bandwidth* 890 MHz saat lebar *slot* tambahan 0,007 m.

Tabel 4.7 Hasil Optimasi Lebar *Slot* Tambahan Saat Nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , l_s , s , dan l_{au} Tetap

Lebar w_s (mm)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Return Loss minimum</i> (dBm)	Frekuensi Tengah (MHz)
3	870	-24,24	2205
4	890	-30,62	2215
5	870	-33,86	2205
6	870	-26,48	2195
7	890	-40,23	2195
8	240	-15,34	1860

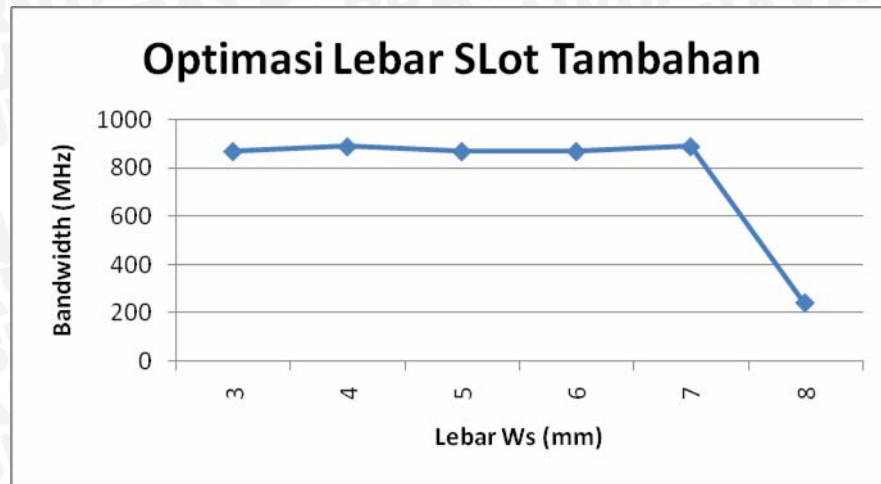
Sumber : Simulasi

Gambar 4.17 merupakan tampilan grafik perubahan frekuensi kerja dari hasil optimasi lebar *slot* tambahan saat nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , l_s , s , dan l_{au} tetap. Gambar 4.18 adalah tampilan grafik perubahan *bandwidth* dari hasil optimasi lebar *slot* tambahan saat nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , l_s , s , dan l_{au} tetap, dan gambar 4.19 adalah grafik perubahan RL *minimum* dari hasil optimasi lebar *slot* tambahan saat nilai w_{au} , l_{bu} , w_{bu} , l_s , s , dan l_{au} tetap.



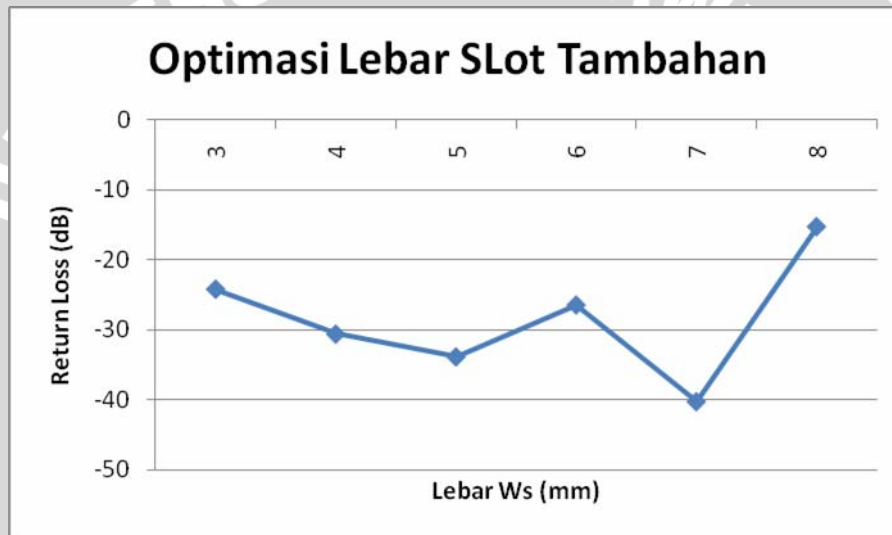
Gambar 4.17 Grafik Optimasi w_s terhadap Frekuensi Tengah

Sumber : simulasi



Gambar 4.18 Grafik Optimasi w_s terhadap *Bandwidth*

Sumber : simulasi



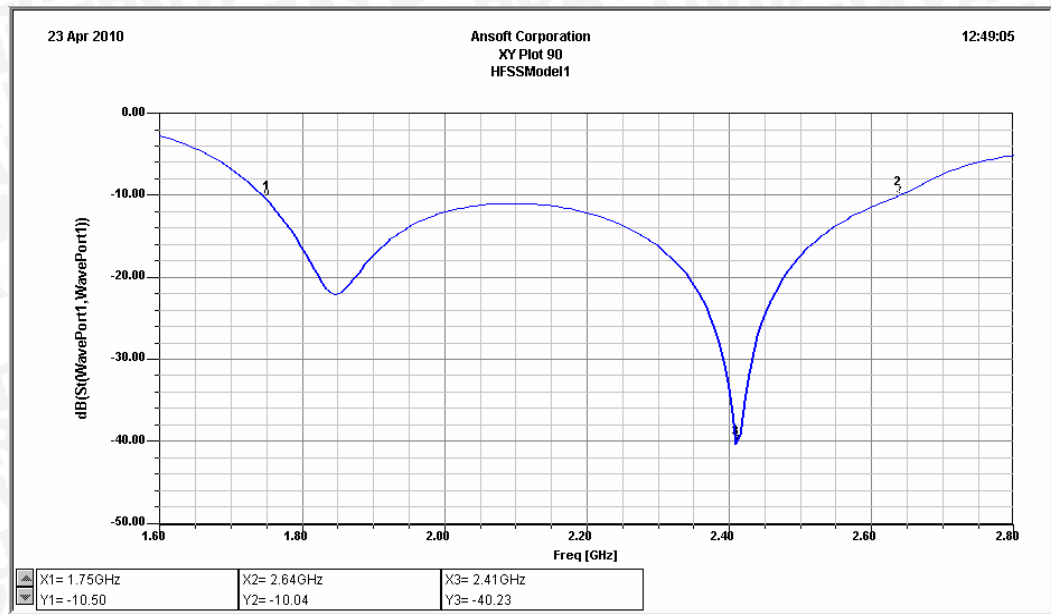
Gambar 4.19 Grafik Optimasi w_s terhadap *RL Minimum*

Sumber : simulasi

Hasil optimasi didapatkan berdasarkan parameter *Return Loss* dan *Bandwidth* terbaik untuk mendapatkan dimensi antenna yang optimal. Dimensi antenna hasil optimasi secara keseluruhan adalah sebagai berikut

w_{bu} = 0,0083 m	l_{au} = 0,042 m	w_{au} = 0,006 m
w_s = 0,007 m	l_s = 0,044 m	
s = 0,0015 m	l_{bu} = 0,031 m	

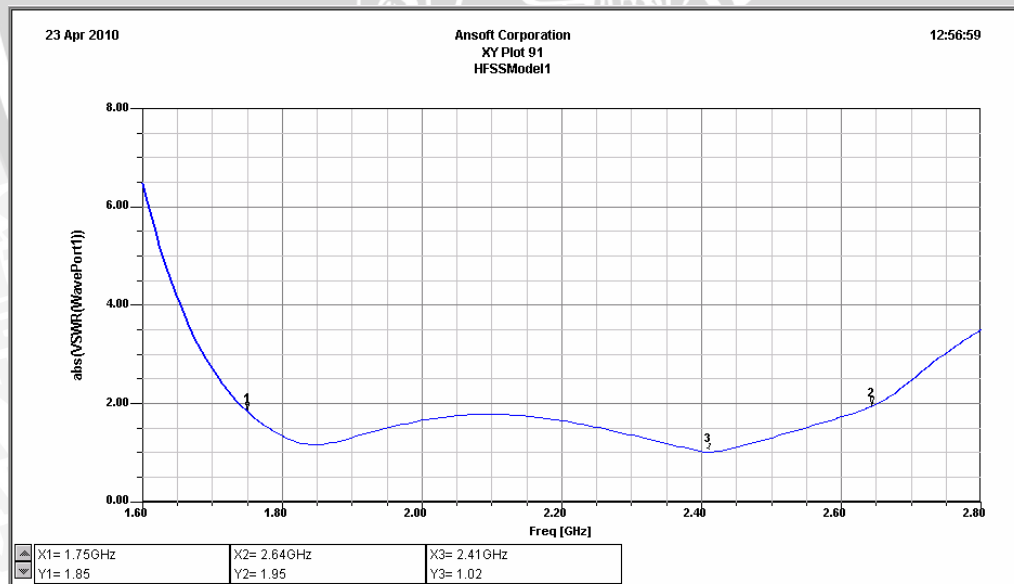
Hasil simulasi *RL* dari Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan setelah optimasi akhir ditunjukkan pada Gambar 4.20



Gambar 4.20 Grafik Nilai Return Loss Setelah Optimasi

Sumber : Simulasi

Untuk nilai RL sebuah antenna bekerja dengan baik jika nilai $S_{11} < -9.5$ dB. Dari Gambar diatas, nilai $S_{11} < -9.5$ dB terbentang dari frekuensi 1750 MHz hingga 2640 MHz dengan *bandwidth* sebesar 890 MHz. Nilai RL minimum berada pada frekuensi 2410 MHz, dengan nilai -40,23 dB. Gambar $VSWR$ hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Grafik VSWR Terhadap Frekuensi Setelah Optimasi

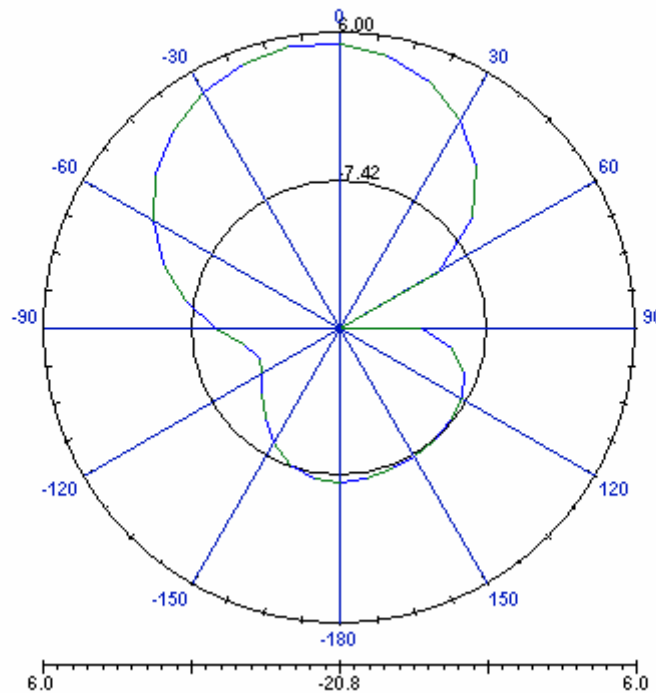
Sumber : Simulasi

Hasil simulasi pola radiasi pada frekuensi 1,83 GHz untuk antenna *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan setelah optimasi ditunjukkan pada Gambar 4.22.

18 May 2010

Ansoft Corporation
Radiation Pattern 12
HFSSModel1

08:53:44



Gambar 4.22 Gambar Pola Radiasi Horizontal Setelah Optimasi

Sumber : Simulasi

4.6 Fabrikasi Antena

Setelah melakukan optimasi akhir maka antena hasil optimasi akan dibuat sesuai dengan model 3D pada proses simulasi. Adapun bahan yang dipakai untuk fabrikasi antena meliputi

1. Tembaga sebagai bahan konduktor untuk elemen peradiasi dan *groundplane*
 - Ketebalan bahan konduktor (t) = 0.0007 m
 - Konduktifitas tembaga (σ) = 5.80×10^7 mho m^{-1}
 - Impedansi karakteristik = 50 Ω
2. Udara sebagai substrat diantara elemen peradiasi dengan *groundplane*
 - Ketebalan bahan substrat (T) = 0.01 m
 - Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 1,0006
3. *Feeder* yang berfungsi menghubungkan antena dengan saluran transmisi
 - Tipe *Feeder* = *Coaxial Feeding*
 - Tipe *Connector* = *N-connector female*
 - Impedansi karakteristik = 50 Ω

Antena hasil fabrikasi selanjutnya akan diuji di Laboratorium *Microwave* Institut Teknologi TELKOM Bandung. Antena hasil fabrikasi dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan Gambar 4.25.



Gambar 4.24 Antena Hasil Fabrikasi Tampak Atas

Sumber : Fabrikasi



Gambar 4.25 Antena Hasil Fabrikasi Tampak Samping

Sumber : Fabrikasi

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN

5.1 Tinjauan Umum

Bab ini akan menjelaskan prosedur dalam pengukuran parameter-parameter antena, hasil pengukuran yang diperoleh, serta analisis hasil pengukuran. Pengukuran antena dilakukan untuk mengetahui bagaimana karakteristik dan performasi dari antena hasil pembuatan. Adapun parameter-parameter antena yang diukur dalam skripsi ini meliputi :

- Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul dan *VSWR*
- Pengukuran Impedansi Masukan
- Pengukuran *Gain*
- Pengukuran *Bandwidth*
- Pengukuran Pola Radiasi
- Pengukuran Polarisasi

Pengukuran parameter-parameter antena tersebut dilaksanakan di laboratorium *microwave* Institut Teknologi TELKOM Bandung.

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

5.2.1 Tujuan

Adapun tujuan dari pengukuran ini adalah untuk dapat mengetahui nilai *return loss* antena hasil pembuatan.

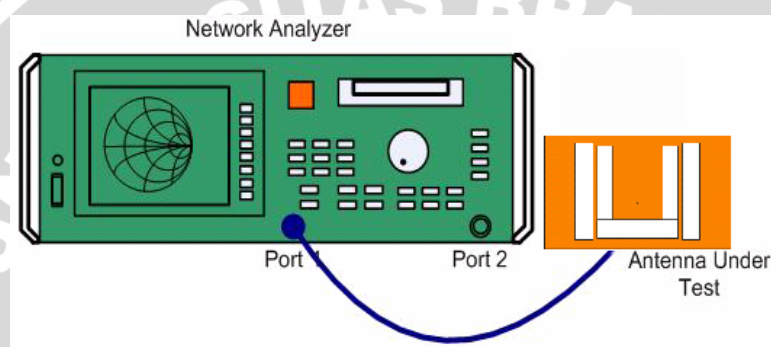
5.2.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Network analyzer* Agilent 8714ES 300KHz-3GHz
2. Antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan)
3. *N connector*
4. Kabel *koaksial* RG-58 A/U

5.2.3 Prosedur Pengukuran

1. Pertama menghidupkan alat ukur *network analyzer* dan tunggu ± 15 menit untuk persiapan pengukuran.
2. Menghubungkan kabel koaksial dengan alat ukur *network analyzer*.

3. Kalibrasi alat ukur *network analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-8.
4. Menghubungkan *network analyzer* dengan antenna uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan).
5. Untuk mencari menu yang kita inginkan cari menu format pada *network analyzer* lalu pilih menu Log Mag untuk mengetahui nilai *return loss*.
6. Mengarahkan Marker pada frekuensi 1600 MHz
7. Mencatat nilai *return loss* yang ditunjukkan oleh alat ukur *network analyzer*.
8. Mengulangi langkah 6 dan 7 untuk setiap kenaikan frekuensi 50 MHz sampai frekuensi 3 GHz.



Gambar 5.1 Konfigurasi Pengukuran *Return Loss*

Sumber : Pengukuran

5.2.4 Hasil Pengukuran

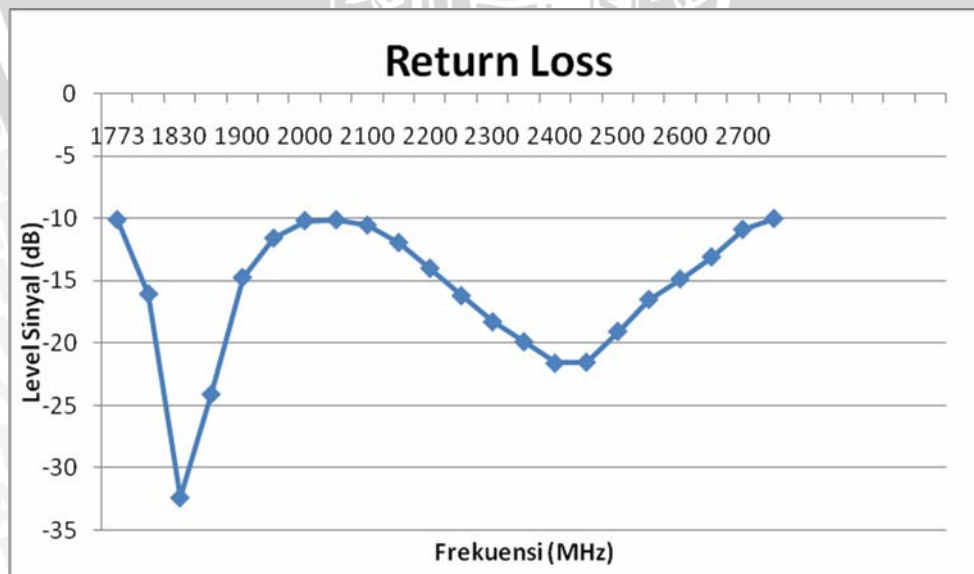
Dari hasil pengukuran *return loss* pada *network analyzer*, selanjutnya dapat dibuat tabel nilai *return loss* untuk Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan hasil pembuatan sebagai berikut

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran *Return Loss* Antena Uji

No.	Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> (dB)
1.	1773	-10.120
2.	1800	-16.05
3.	1830	-32.34
4.	1850	-24.07
5.	1900	-14.73
6.	1950	-11.584
7.	2000	-10.189
8.	2050	-10.12
9.	2100	-10.55
10.	2150	-11.94
11.	2200	-14
12.	2250	-16.191
13.	2300	-18.278
14.	2350	-19.875
15.	2400	-21.59
16.	2450	-21.51
17.	2500	-19.05
18.	2550	-16.49
19.	2600	-14.85
20.	2650	-13.09
21.	2700	-10.88
22.	2716	-10.025

Sumber : Pengukuran

Setelah didapatkan data tersebut, selanjutnya dapat dibuat gambar fungsi *return loss* terhadap frekuensi yang ditunjukkan oleh Gambar 5.2.

**Gambar 5.2** Fungsi *Return Loss* Terhadap Frekuensi

Sumber : Pengukuran

Dari hasil pengukuran return loss, dapat dihitung nilai koefisien pantul dan $VSWR$ antena. Perhitungan nilai $VSWR$ dengan persamaan (2-4) adalah sebagai berikut

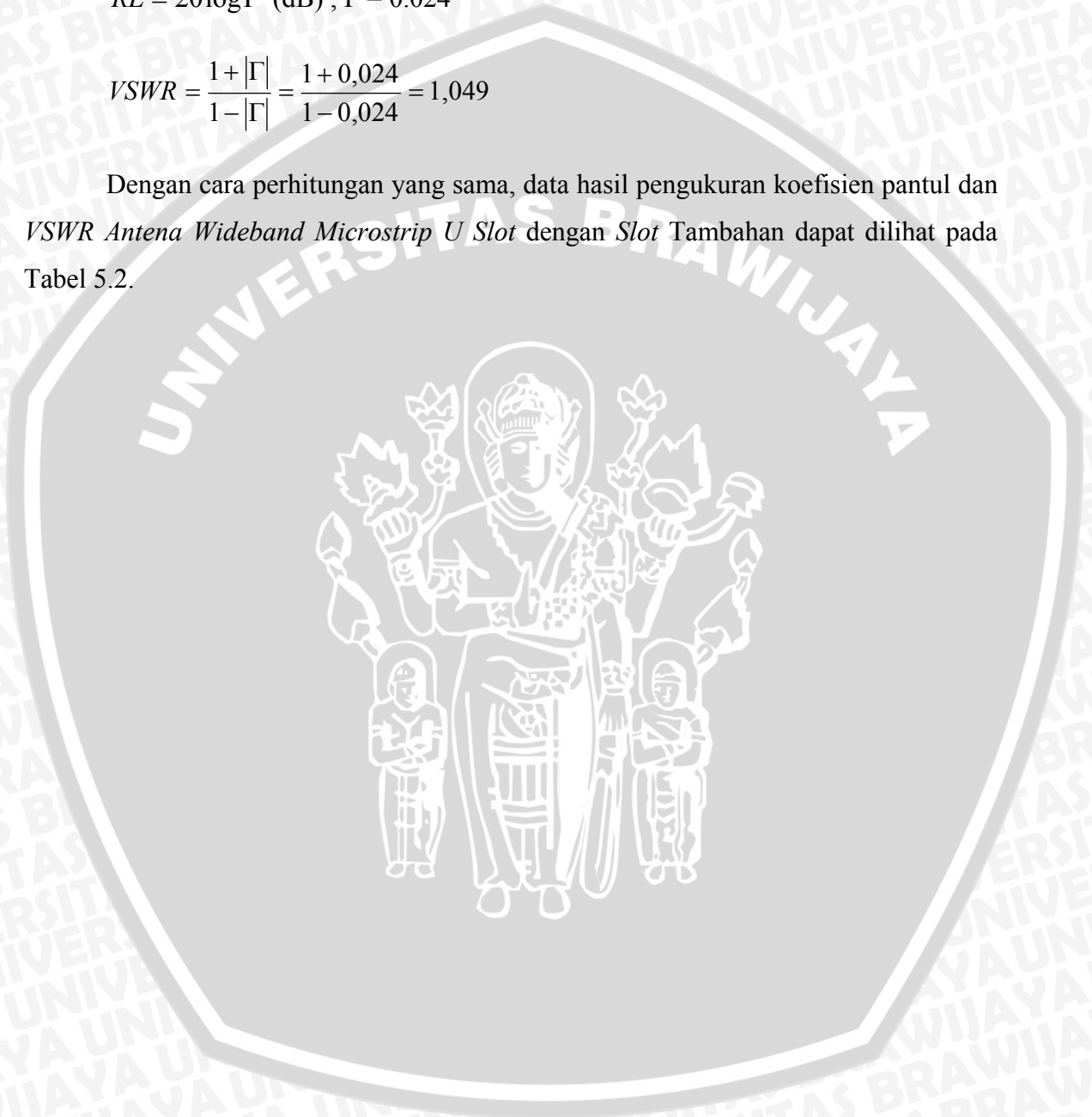
$$f_r = 1830 \text{ MHz}$$

$$RL = -32,34 \text{ dB}$$

$$RL = 20 \log \Gamma \text{ (dB)}, \Gamma = 0.024$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1 + 0,024}{1 - 0,024} = 1,049$$

Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran koefisien pantul dan $VSWR$ Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

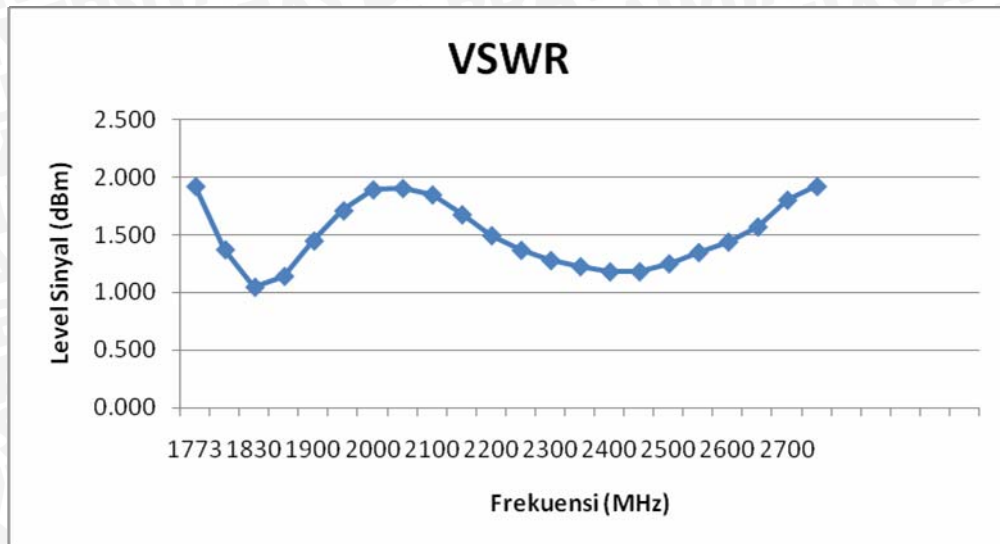


Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Koefisien Pantul dan $VSWR$ Antena Uji

No.	Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> (dB)	Koefisien Pantul (Γ)	$VSWR$
1.	1773	-10.120	0.312	1.923
2.	1800	-16.05	0.158	1.374
3.	1830	-32.34	0.024	1.049
4.	1850	-24.07	0.063	1.143
5.	1900	-14.73	0.183	1.450
6.	1950	-11.584	0.264	1.712
7.	2000	-10.189	0.309	1.894
8.	2050	-10.12	0.312	1.906
9.	2100	-10.55	0.297	1.850
10.	2150	-11.94	0.253	1.678
11.	2200	-14	0.200	1.496
12.	2250	-16.191	0.155	1.369
13.	2300	-18.278	0.122	1.280
14.	2350	-19.875	0.101	1.227
15.	2400	-21.59	0.083	1.182
16.	2450	-21.51	0.084	1.184
17.	2500	-19.05	0.112	1.252
18.	2550	-16.49	0.150	1.350
19.	2600	-14.85	0.181	1.441
20.	2650	-13.09	0.222	1.572
21.	2700	-10.88	0.286	1.804
22.	2716	-10.025	0.315	1.923

Sumber : Pengukuran

Selanjutnya dari data hasil pengukuran $VSWR$ dapat dibuat gambar fungsi $VSWR$ terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.3.



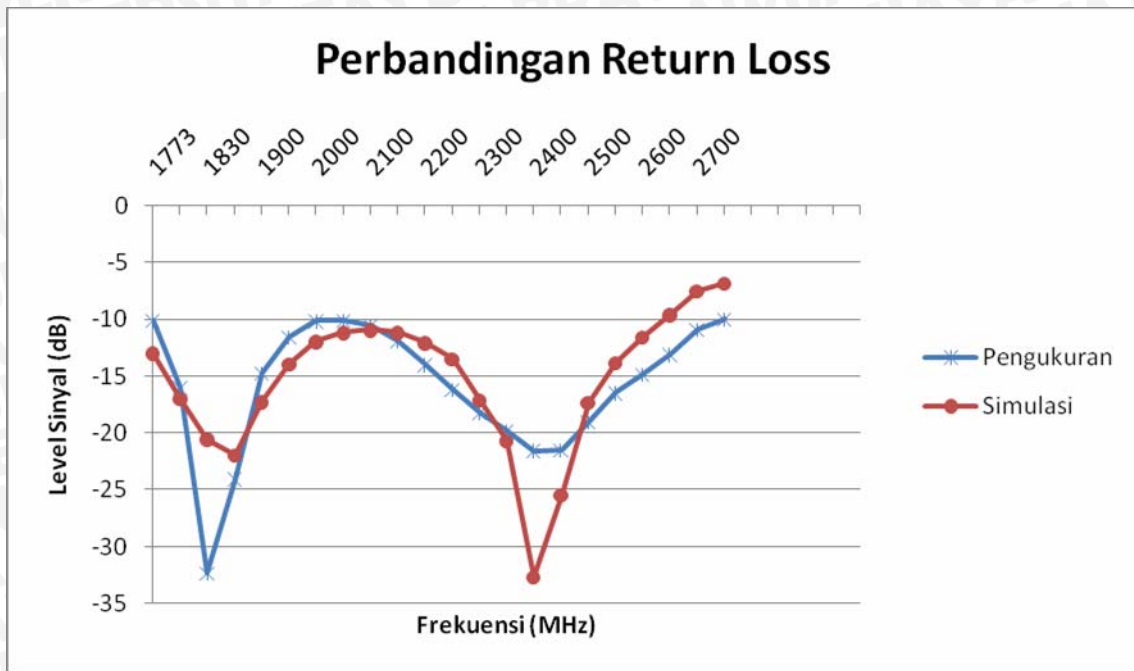
Gambar 5.3 Fungsi *VSWR* Terhadap Frekuensi

Sumber : Pengukuran

5.2.5 Analisis Hasil Pengukuran

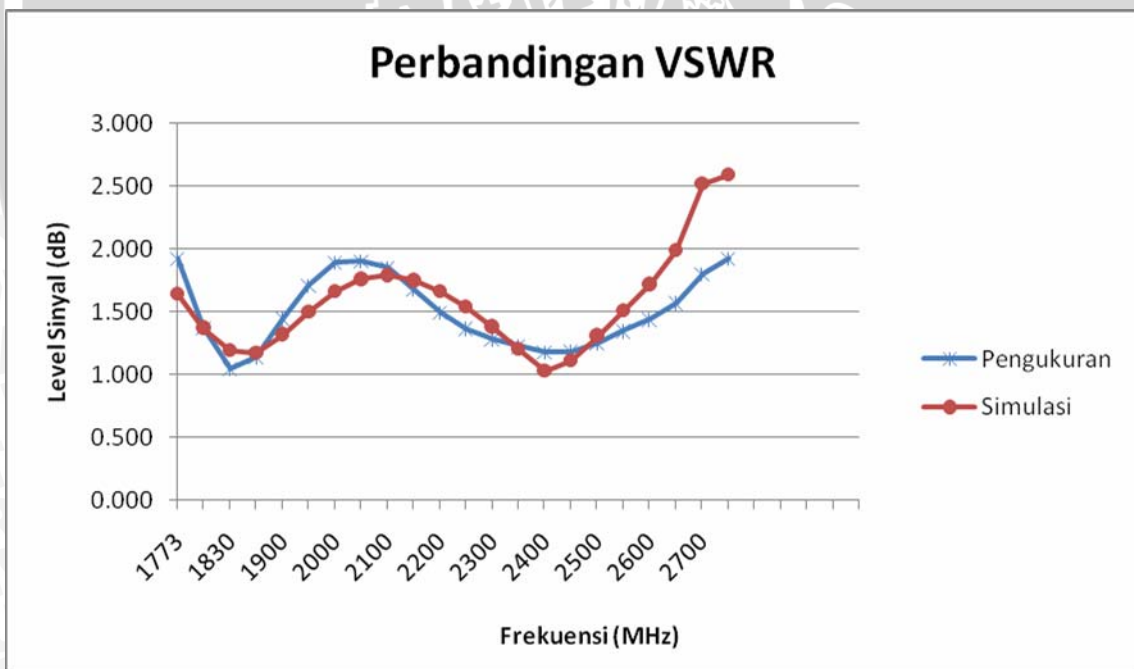
Berdasarkan hasil pengukuran, dapat diketahui Antena *Wideband Microstrip U Slot* memiliki nilai *return loss* dan *VSWR* yang berbeda-beda pada setiap perubahan frekuensinya. Sesuai dengan batas yang diijinkan yaitu $RL \leq -10$ dB dan $1 \leq VSWR \leq 2$, maka antena ini mampu bekerja pada range frekuensi dari 1773 MHz – 2716 MHz. Antena ini bekerja maksimum pada frekuensi 1830 MHz dengan nilai *return loss* -32,34 dB.

Hasil pengukuran dapat dibandingkan dengan hasil simulasi. Pada simulasi, antena bekerja pada rentang frekuensi 1750 MHz-2640 MHz, dan bekerja maksimum pada frekuensi 2410 MHz dengan nilai *return loss* -40,23 dB. Gambar perbandingan *RL* dari antena hasil simulasi dengan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5.4, sementara gambar 5.5 membandingkan *VSWR* dari antena hasil simulasi dengan pengukuran.



Gambar 5.4 Perbandingan *Return Loss* Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran

Sumber : Pengukuran



Gambar 5.5 Perbandingan *VSWR* Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran

Sumber : Pengukuran

5.3 Pengukuran Impedansi Antena

5.3.1 Tujuan

Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui nilai impedansi antena.

5.3.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Network analyzer* agilent 8714ES 300KHz-3GHz
2. Antena Uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan)
3. Kabel koaksial RG-58 A/U
4. N-Connector

5.3.3 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *network analyzer* dan menunggu ± 15 menit untuk persiapan pengukuran.
2. Menghubungkan kabel koaksial dengan alat ukur *network analyzer*.
3. Kalibrasi alat ukur *spectrum analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-8.
4. Menghubungkan *network analyzer* dengan antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan).
5. Mengatur alat ukur *network analyzer* pada frekuensi 2,2 GHz.
6. Untuk mencari menu yang kita inginkan cari menu format pada *network analyzer* lalu pilih menu Lin Mag untuk mengetahui nilai dari impedansi antena.
7. Mencatat nilai impedansi yang ditunjukkan oleh alat ukur *network analyzer*.
8. Mengulangi langkah 5 dan 6 untuk setiap kenaikan frekuensi 1,6 sampai frekuensi 3 GHz.

5.3.4 Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran impedansi kemudian dapat dibuat tabel nilai impedansi antena dapat kita lihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengukuran Impedansi Antena Uji

No.	Frekuensi (MHz)	Impedansi Z_A (Ω)
1.	1773	83.92-j26
2.	1800	59.9-j14.38
3.	1830	49.23-j2.272
4.	1850	45.47+j4.243
5.	1900	43.95+j16.41
6.	1950	46.18+j25.85
7.	2000	53.76+j33.42
8.	2050	70.42+j33.18
9.	2100	79.81+j25.88
10.	2150	81.74+j10.43
11.	2200	74.75+j0.9495
12.	2250	68.20-j2.803
13.	2300	63.13-j4.578
14.	2350	59.36-j6.026
15.	2400	53.45-j7.917
16.	2450	46.11-j6.993
17.	2500	40.13-j1.687
18.	2550	37.67+j4.383
19.	2600	37.17+j9.274
20.	2650	36.29+j13.76
21.	2700	34.32+j19.23
22.	2716	34.17+j22.48

Sumber : Pengukuran

5.3.5 Analisis Hasil Pengukuran

Pada Tabel 5.3 terlihat bahwa nilai impedansi mendekati 50Ω berada pada frekuensi 1830 MHz, yaitu sebesar $49,23 \Omega$.

5.4 Pengukuran Gain Antena

5.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari pengukuran *gain* antena adalah untuk mengetahui besar penguatan antena uji dibandingkan dengan penguatan antena referensi yang digunakan.

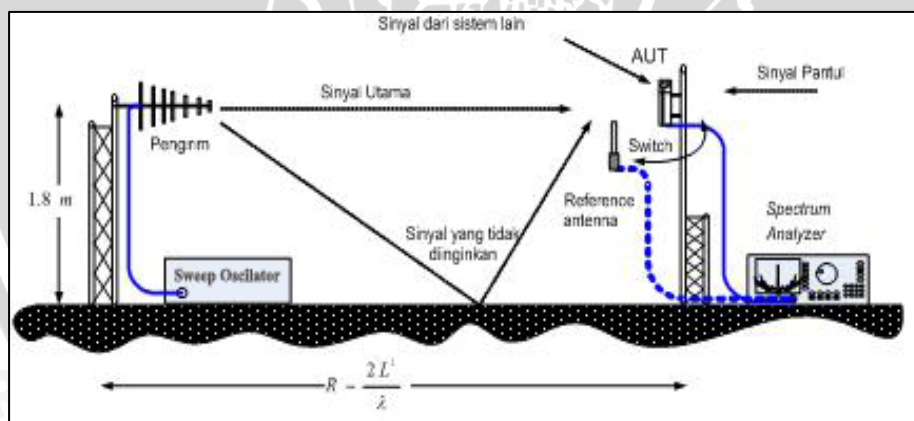
5.4.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Sweep oscilator 8350 B Hewlett Packard*
2. *Spectrum analyzer 8563E Hewlett Packard 30Hz – 26,5 GHz*
3. Antena referensi dipole $0,5 \lambda$
4. Antena pemancar *double ridged horn*

5. Antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan)
6. Kabel koaksial RG-58 A/U
7. N *connector*
8. Tiang penyangga antena

5.4.3 Prosedur Pengukuran

1. Merangkai peralatan yang digunakan seperti pada Gambar 5.6.
2. Antena *Double Ridged Horn* dipasang sebagai antena pemancar.
3. Antena referensi *Dipole* $0,5 \lambda$ dipasang sebagai antena penerima.
4. *Sweep oscillator* diatur pada frekuensi 1800 MHz dan catat daya antena *dipole* $0,5 \lambda$ yang terukur pada *spectrum analyzer*.
5. Antena *dipole* $0,5 \lambda$ pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan) hasil pembuatan.
6. Membandingkanlah kedua hasil, kemudian *gain* antena hasil pengukuran dihitung dengan persamaan (2-9).
7. Mengulangi langkah 4 dengan mengubah frekuensi pada frekuensi 1900 MHz.



Gambar 5.6 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena

Sumber : Pengukuran

5.4.4 Hasil Pengukuran

Pada pengukuran *gain* antena ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antena referensi (P_{ref}), daya antena yang diuji (P_{RX}), dan penguatan antena yang diuji (G). Pada proses pengukuran, pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali karena adanya fluktuasi di level daya penerimaan yang kemudian nantinya diambil rata-

rata. Untuk hasil pengukuran gain pada frekuensi 1800 MHz dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengukuran *Gain* Pada Frekuensi 1800 MHz

No.	$P_{ref} (dBm)$	$P_{RX} (dBm)$
1.	-38.00	-28.83
2.	-38.17	-29.00
3.	-37.67	-29.17
4.	-37.50	-29.00
5.	-37.50	-29.33
6.	-37.67	-29.50
7.	-37.50	-28.83
8.	-37.67	-28.67
9.	-37.83	-28.67
10.	-37.67	-28.50

Sumber : Pengukuran

Dengan mengambil nilai rata-rata hasil pengukuran *gain* di atas, maka didapatkan nilai $P_{RX} = -28,95$ dBm dan nilai $P_{ref} = -37,718$ dBm. Nilai penguatan antenna (G) yang diuji dapat diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan (2-11)

$$G_{AUT(dBi)} = P_{RX(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 2,15 \text{ dBi}$$

Maka dengan menggunakan persamaan di atas didapatkan nilai *Gain* :

$$\begin{aligned} \text{Gain} &= -28,95 \text{ dBm} - (-37,718 \text{ dBm}) + 2,15 \text{ dBi} \\ &= -28,95 + 37,718 + 2,15 \\ &= 10,918 \text{ dBi} \end{aligned}$$

Pengukuran *gain* selanjutnya dilakukan pada frekuensi 1900 MHz, hasil pengukuran ini ditampilkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengukuran *Gain* Pada Frekuensi 1900 MHz

No.	P_{ref} (dBm)	P_{RX} (dBm)
1.	-42.67	-28.00
2.	-42.50	-28.17
3.	-42.50	-28.33
4.	-42.33	-28.17
5.	-42.33	-28.33
6.	-42.17	-28.00
7.	-42.33	-28.00
8.	-42.17	-28.17
9.	-42.33	-27.83
10.	-42.50	-27.67

Sumber : Pengukuran

Rata-rata hasil pengukuran *gain* di atas didapatkan nilai $P_{RX} = -28,067$ dBm dan nilai $P_{ref} = -42,383$ dBm. *Gain* pada frekuensi 1900 MHz dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-11)

$$\begin{aligned}
 \text{Gain} &= -28,067 \text{ dBm} - (-42,383 \text{ dBm}) + 2,15 \text{ dBi} \\
 &= -28,067 + 42,383 + 2,15 \\
 &= 16,466 \text{ dBi}
 \end{aligned}$$

5.4.5 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang dilakukan, nilai *gain* terbesar terdapat pada frekuensi 1900 MHz dengan nilai *gain* sebesar 16,466 dBi.

5.5 Pengukuran Pola Radiasi

5.5.1 Tujuan

Adapun tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui bentuk pola radiasi hasil pembuatan Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan.

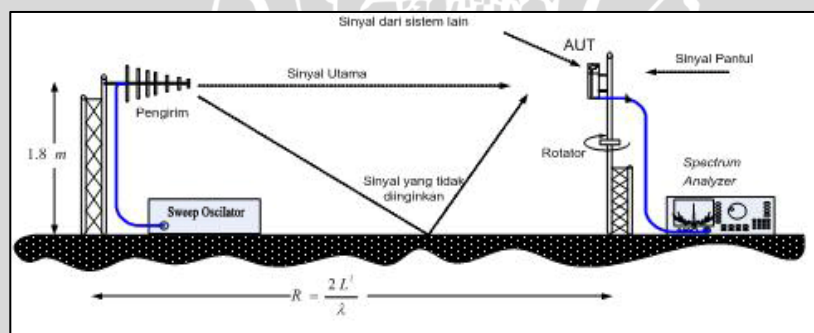
5.5.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Spectrum analyzer 8563E Hewlett Packard* 30Hz – 26,5 GHz
2. *Sweep oscilator 8350 B Hewlett Packard*

3. Antena pemancar *double ridged horn*
4. Antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot Tambahan*)
5. Kabel koaksial
6. *N connector*
7. Tiang penyangga antena

5.5.3 Prosedur Pengukuran

1. Merangkai antena pemancar dengan menghubungkan *sweep oscillator* menggunakan kabel koaksial RG-8 seperti ditunjukkan dalam gambar 5.7.
2. Merangkai antena uji sebagai antena penerima dengan menghubungkannya pada *spectrum analyzer* menggunakan kabel RG-8.
3. Mengatur *sweep oscillator* pada frekuensi 1900 MHz.
4. Putar antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot Tambahan*) secara horizontal, dari 0° sampai 360° dengan interval 10° dan catat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.
6. Ulangi langkah 3 sampai 5.



Gambar 5.7 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Antena

Sumber : Pengukuran

5.5.4 Hasil Pengukuran

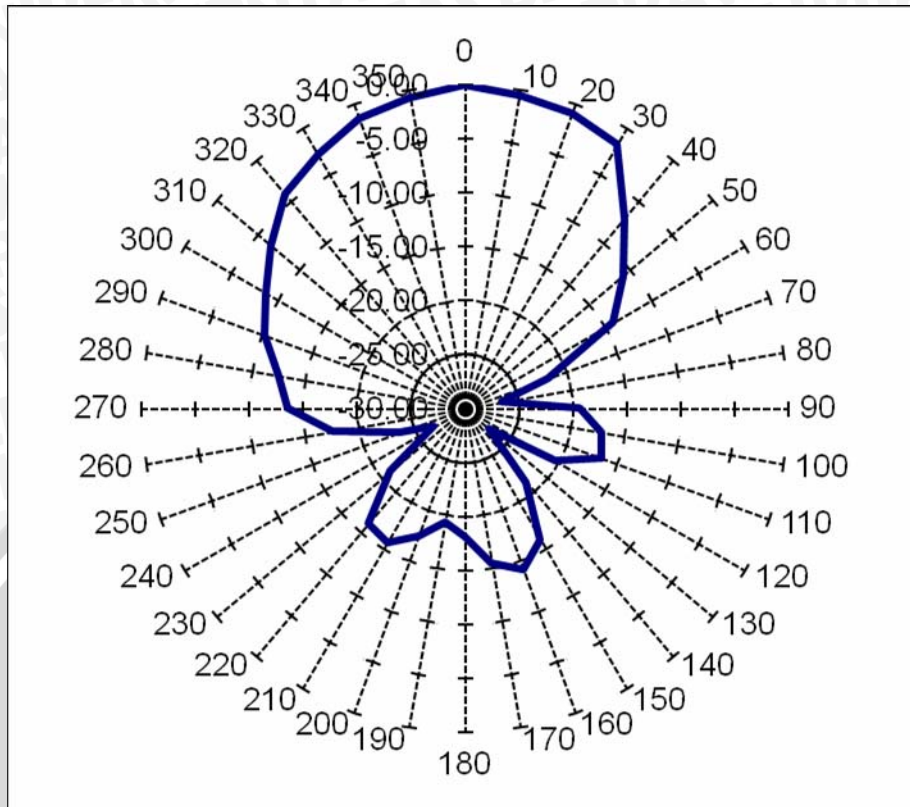
Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot Tambahan*). Adapun pola radiasi yang diperoleh adalah pola radiasi bidang horizontal dan vertikal. Hasil dari pengukuran pola radiasi bidang horizontal ditampilkan pada Tabel 5.6, sementara hasil dari pengukuran pola radiasi bidang vertikal ditampilkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Bidang Horizontal

Sudut (°)	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-rata	Normalisasi	Numerik
0	-28.17	-27.83	-28.00	0.00	1
10	-28.67	-28.33	-28.50	-0.50	0.891250938
20	-28.83	-29.00	-28.91	-0.92	0.809562787
30	-29.67	-29.67	-29.67	-1.67	0.680248138
40	-35.00	-34.83	-34.91	-6.92	0.203352978
50	-38.67	-39.00	-38.83	-10.84	0.082505087
60	-42.17	-42.00	-42.08	-14.09	0.0390167
70	-49.53	-50.00	-49.76	-21.76	0.006665041
80	-54.67	-54.33	-54.50	-26.50	0.002238721
90	-47.67	-47.00	-47.32	-19.33	0.011680411
100	-45.50	-44.83	-45.15	-17.16	0.019251214
110	-44.83	-44.17	-44.49	-16.49	0.022434682
120	-48.50	-48.13	-48.31	-20.31	0.009301677
130	-55.00	-55.17	-55.08	-27.09	0.001955467
140	-49.00	-49.17	-49.08	-21.09	0.007784855
150	-43.83	-44.00	-43.91	-15.92	0.025600623
160	-42.00	-42.17	-42.08	-14.09	0.0390167
170	-43.00	-43.83	-43.40	-15.40	0.028850089
180	-46.00	-46.17	-46.08	-18.09	0.015532828
190	-47.00	-47.67	-47.32	-19.33	0.011680411
200	-45.00	-45.83	-45.40	-17.40	0.018203176
210	-43.67	-43.50	-43.58	-15.59	0.027621708
220	-44.17	-44.00	-44.08	-16.09	0.024617874
230	-48.83	-49.17	-49.00	-21.00	0.007943282
240	-54.67	-54.83	-54.75	-26.75	0.002112229
250	-51.33	-51.67	-51.50	-23.50	0.004466836
260	-45.67	-45.50	-45.58	-17.59	0.01742812
270	-41.67	-41.50	-41.58	-13.59	0.043777458
280	-40.17	-40.83	-40.49	-12.49	0.056353373
290	-38.17	-38.33	-38.25	-10.25	0.094349812
300	-36.67	-36.83	-36.75	-8.75	0.133272652
310	-35.00	-34.00	-34.47	-6.47	0.225184896
320	-32.00	-32.17	-32.08	-4.09	0.390167002
330	-30.83	-30.67	-30.75	-2.75	0.530567984
340	-29.33	-29.50	-29.41	-1.42	0.721523594
350	-28.67	-28.83	-28.75	-0.75	0.840893586

Sumber : Pengukuran

Dari tabel diatas dapat dibuat gambar pola radiasi bidang horizontal pada diagram polar. Diagram ini ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Bentuk Pola Radiasi Bidang Horizontal Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan
 Sumber : Pengukuran

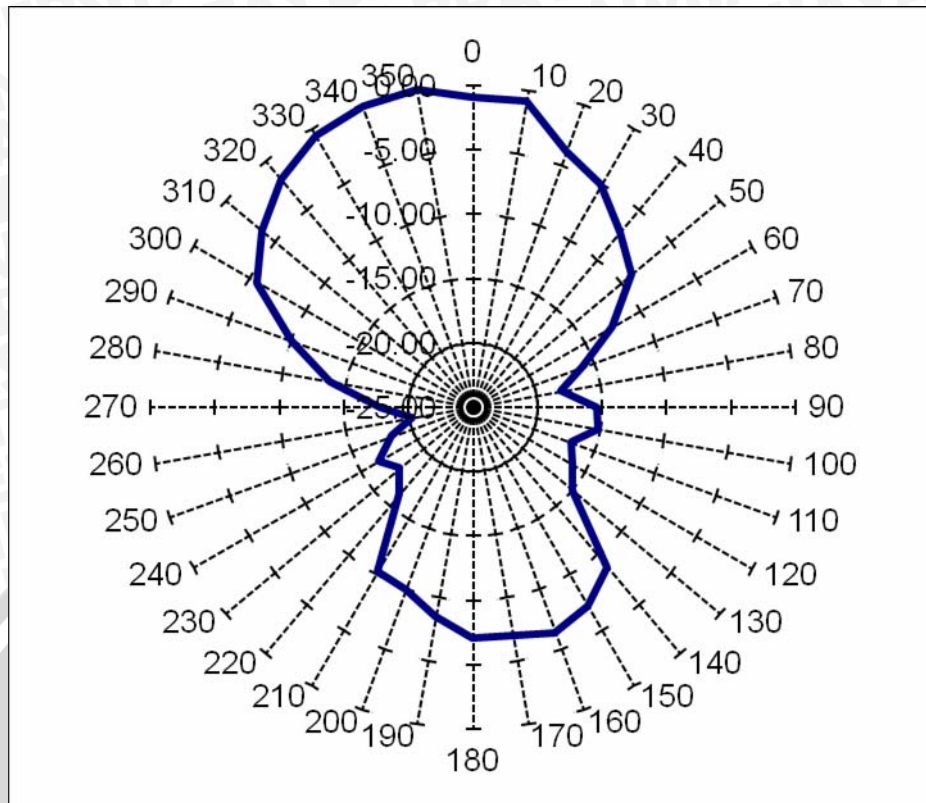


Tabel 5.7 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Bidang Vertikal

Sudut (°)	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-rata	Normalisasi	Numerik
0	-28.83	-28.67	-28.75	-0.95	0.8039
10	-29.00	-28.50	-28.74	-0.94	0.805095
20	-30.17	-34.17	-31.72	-3.92	0.405171
30	-31.17	-35.83	-32.90	-5.10	0.308919
40	-33.17	-38.60	-35.09	-7.29	0.186844
50	-34.50	-41.70	-36.75	-8.95	0.127305
60	-38.50	-43.33	-40.28	-12.47	0.056568
70	-41.50	-48.50	-43.72	-15.92	0.025592
80	-43.57	-51.17	-45.88	-18.08	0.015548
90	-41.17	-47.33	-43.24	-15.44	0.028593
100	-41.17	-46.17	-42.99	-15.19	0.030299
110	-43.17	-47.00	-44.68	-16.87	0.020537
120	-42.17	-46.83	-43.90	-16.10	0.024538
130	-41.00	-45.67	-42.74	-14.93	0.032106
140	-35.67	-37.67	-36.56	-8.75	0.133211
150	-34.17	-36.00	-34.99	-7.19	0.191072
160	-34.17	-34.17	-34.17	-6.37	0.230743
170	-34.67	-34.83	-34.75	-6.95	0.20193
180	-35.67	-34.17	-34.86	-7.05	0.197048
190	-37.67	-35.33	-36.34	-8.54	0.139862
200	-39.83	-36.33	-37.74	-9.94	0.101501
210	-42.00	-36.00	-38.04	-10.24	0.094715
220	-43.33	-44.83	-44.02	-16.21	0.02391
230	-42.67	-54.83	-45.42	-17.62	0.017288
240	-44.67	-44.17	-44.41	-16.61	0.02182
250	-46.67	-45.67	-46.14	-18.34	0.014655
260	-47.67	-48.33	-47.99	-20.19	0.00958
270	-43.00	-53.33	-45.63	-17.82	0.016504
280	-39.17	-47.83	-41.63	-13.82	0.041451
290	-35.67	-42.83	-37.92	-10.12	0.097384
300	-32.00	-35.83	-33.51	-5.70	0.268873
310	-30.83	-32.33	-31.52	-3.71	0.425179
320	-29.67	-29.83	-29.75	-1.95	0.63856
330	-28.67	-28.33	-28.50	-0.70	0.852041
340	-28.33	-27.67	-27.99	-0.19	0.958033
350	-28.33	-27.33	-27.80	0.00	1

Sumber : Pengukuran

Dari tabel diatas dapat dibuat gambar pola radiasi bidang vertikal pada diagram polar. Diagram ini ditunjukkan pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Bentuk Pola Radiasi Bidang Vertikal Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot Tambahan*
Sumber : Pengukuran

5.5.5 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran pola radiasi bidang horizontal dan vertikal di atas, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil pengukuran pada diagram *polar* sebagaimana tampak dalam Gambar 5.8 dan Gambar 5.9. Berdasarkan gambar, dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil pembuatan (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot Tambahan*) adalah *bidirectional*.

5.6 Pengukuran Polarisasi

5.6.1 Tujuan

Pengukuran polarisasi antenna dilakukan untuk mengetahui vektor medan listrik antenna hasil pembuatan (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot Tambahan*).

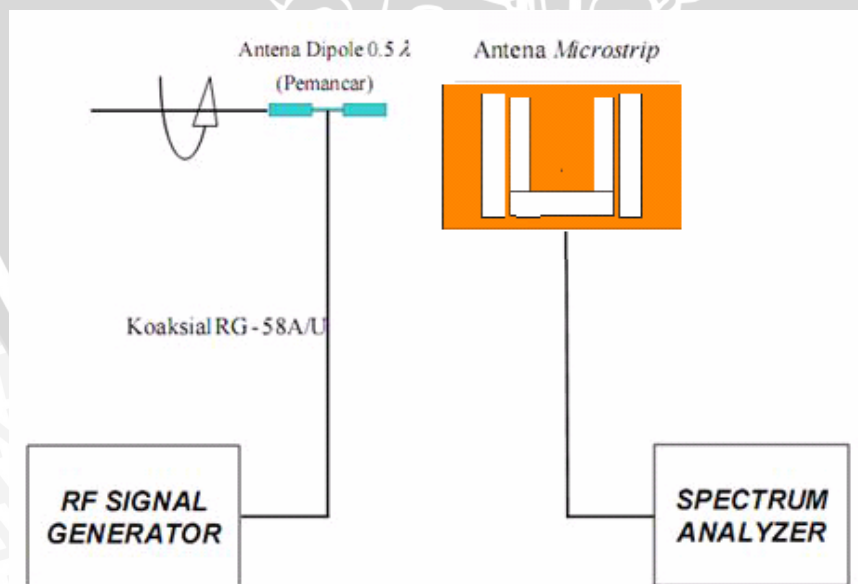
5.6.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Sweep oscilator 8350 B Hewlett Packard*
2. *Spectrum analyzer 8563E Hewlett Packard 30Hz – 26,5 GHz*

3. Antena pemancar *double ridged horn*
4. Antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan)
5. Kabel koaksial RG – 58 A/U
6. N *connector*
7. Tiang penyangga antena

5.6.3 Prosedur Pengukuran

1. Memasang Antena *Double Ridged Horn* sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *RF Signal Generator* menggunakan kabel koaksial RG – 58 A/U, seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.10
2. Memasang antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot*) sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG – 58 A/U, seperti ditunjukkan Gambar 5.10.
3. Memosisikan antena pemancar sejajar dengan antena uji, kemudian atur *RF Signal Generator* pada frekuensi 1,9 GHz.
4. Memutar antena pemancar pada sumbu horizontal antena dari 0° sampai 360° dengan interval 45° dan catat nilai daya yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer* pada tiap – tiap interval pemutaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.



Gambar 5.10 Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena

Sumber : Pengukuran

5.6.4 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antena uji (Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot Tambahan*) seperti yang terlihat dalam Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Pengukuran Polarisasi

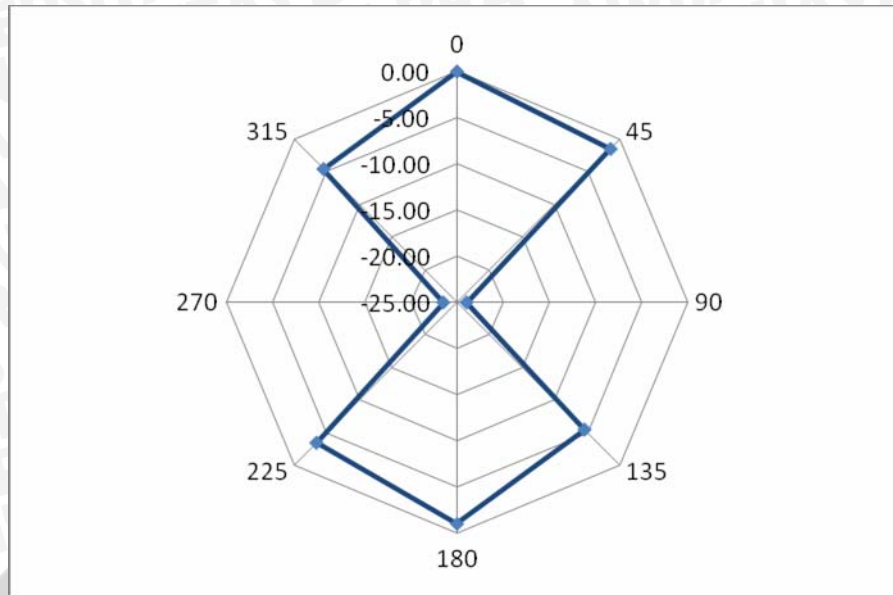
Sudut	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	-29	-28.83	-28.91	0.00
45	-30.17	-30	-30.08	-1.50
90	-53.17	-52	-52.55	-23.96
135	-34	-34.17	-34.08	-5.50
180	-29.67	-29.5	-29.58	-1.00
225	-32.17	-32	-32.08	-3.50
270	-52	-52.17	-52.08	-23.50
315	-33	-33.33	-33.16	-4.58
360	-28.67	-28.5	-28.58	0.00

Sumber : Pengukuran

5.6.5 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi dalam Tabel 5.8, dengan mengubah data nilai daya yang telah dinormalisasikan dalam bentuk diagram polar, maka dapat diketahui bentuk polarisasi antena. Bentuk polarisasi antena ini mempunyai karakteristik yang sama pada semua frekuensi, sehingga dalam pengukuran cukup mengambil data pada frekuensi 1,9 GHz. Bentuk polarisasi antena uji dapat dilihat dalam Gambar 5.11

Berdasarkan Gambar 5.11 tampak bahwa bentuk polarisasi Antena *Wideband Microstrip U Slot* hasil pembuatan adalah menyerupai bentuk *ellips*. Oleh sebab itu, antena ini dapat digolongkan sebagai antena yang berpolarisasi *ellips*.



Gambar 5.11 Polarisasi Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot Tambahan*

Sumber : Pengukuran

5.7 Perhitungan *Bandwidth* Antena

5.7.1 Tujuan

Perhitungan *bandwidth* bertujuan untuk mengetahui lebar frekuensi kerja antena.

5.7.2 Cara Perhitungan

Perhitungan *bandwidth* antena yang diuji dilakukan dengan menghitung selisih antara frekuensi atas dengan frekuensi bawah antena uji. Penentuan frekuensi atas dan frekuensi bawah antena dilakukan dengan cara menentukan frekuensi tertinggi dan terendah antena dimana masih memiliki $1 \leq VSWR \leq 2$.

Berdasarkan data hasil pengukuran *VSWR*, antena ini memiliki frekuensi terendah pada frekuensi 1773 MHz, dan frekuensi tertinggi antena ini adalah pada frekuensi 2716 MHz. Sehingga *bandwidth* antena ini adalah

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 2716 \text{ MHz} - 1773 \text{ MHz}$$

$$B = 943 \text{ MHz}$$

Bandwidth dalam persen dihitung dengan persamaan (2-10)

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% = \frac{2716 - 1773 \text{ MHz}}{2244,5 \text{ MHz}} \% = 42,01\%$$

5.7.3 Analisis Hasil Perhitungan

Jadi dapat diketahui besarnya *bandwidth* Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan hasil pembuatan sebesar 943 MHz, nilainya lebih besar dibandingkan dengan *bandwidth* antena hasil perancangan yaitu 890 MHz.

5.8 Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

5.8.1 Tujuan

Untuk dapat mengetahui nilai *directivity* Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan hasil pembuatan, dapat digunakan data hasil pengukuran pola radiasi.

5.8.2 Cara Perhitungan

Berdasarkan pada data hasil pengukuran pola radiasi, diperoleh nilai -3 dB *beamwidth* pola radiasi bidang horizontal adalah 35° (θ_{HP}°), dan nilai -3 dB *beamwidth* pola radiasi bidang vertikal adalah 25° (ϕ_{HP}°). Jadi nilai *directivity* dapat dihitung dengan persamaan (2-18)

$$\begin{aligned} D_{(dB)} &= 10 \log \frac{41253}{35^\circ \cdot 25^\circ} \\ &= 16,734 \text{ dB} \end{aligned}$$

5.8.3 Analisis Hasil Perhitungan

Jadi dapat diketahui keterarahan (*directivity*) Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan hasil pembuatan adalah sebesar 16,734 dB

5.9 Analisis Parameter – Parameter Antena

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada parameter – parameter antena yang meliputi pengukuran *return loss*, koefisien pantul, impedansi antena, *VSWR*, penguatan, pola radiasi, polarisasi, *directivity* dan *bandwidth* antena uji yang akhirnya didapatkan karakteristik antena sebagai berikut

Tabel 5.9 Karakteristik Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan

Frekuensi kerja	1773 MHz – 2716MHz
<i>Return Loss minimum</i>	-32,34 dB pada frekuensi 1830 MHz
Koefisien pantul minimum	0,024 pada frekuensi 1830 MHz
<i>VSWR minimum</i>	1,049 pada frekuensi 1830 MHz
Impedansi antenna	49,23 Ω pada frekuensi 1830 MHz
<i>Gain</i>	16,466 dBi pada frekuensi 1900 MHz
Pola radiasi	<i>Directional</i>
Polarisasi	<i>Elips</i>
<i>Bandwidth</i>	943 MHz
<i>Directivity</i>	16,734 dB

Sumber : Pengukuran

Hasil pengukuran Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan menunjukkan bahwa antena ini memenuhi kriteria minimal sebuah antena, bahkan performasinya melebihi dari hasil perancangan awal. Tabel 5.11 menunjukkan nilai *return loss* minimum sebesar -32,34 dB pada frekuensi 1830 MHz, pada frekuensi tersebut didapatkan impedansi antena sebesar 49,23 Ω . Nilai impedansi ini mendekati impedansi karakteristik saluran transmisi sebesar 50 Ω , sehingga impedansi antara saluran transmisi dengan antena hampir match. Dengan nilai *RL* minimum pada frekuensi 1830 MHz maka pada frekuensi tersebut didapatkan nilai koefisien pantul minimum sebesar 0,024 yang menunjukkan bahwa sebagian besar sinyal dari antena diradiasikan.

VSWR minimum antena sebesar 1,049 memenuhi hasil perencanaan bahwa nilai $1 \leq VSWR \leq 2$. Penguatan antena ini yaitu 16,466 dBi pada frekuensi 1900 MHz, nilai gain berbeda-beda untuk setiap frekuensi. Pola radiasi antena ini adalah *directional* dengan polarisasinya yang berbentuk *ellips*, berapapun frekuensi yang digunakan pada pengukuran, pola radiasi dan polarisasi akan tetap menunjukkan karakteristik yang sama. *Bandwidth* antena pembuatan sebesar 943 MHz sehingga antena ini memenuhi syarat sebagai antena mikrostrip bertipe *wideband* dengan *bandwidth* ≥ 500 MHz.

Berdasarkan pada Tabel 5.11, dengan melihat karakteristik antena hasil pembuatan menunjukkan bahwa Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan bisa digunakan untuk semua sistem komunikasi radio yang bekerja pada range frekuensi 1773 MHz – 2716 MHz. Dengan karakteristik gain yang besar, antena ini

dapat digunakan sebagai antena penerima *outdoor* jarak jauh, nilai gain yang cukup besar ini didapatkan karena antena ini mempunyai pola radiasi *directional*.



BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan, pengujian dan analisa yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan dirancang agar bekerja pada frekuensi 1800 MHz – 2600 MHz, dimensi antenna yang meliputi bentuk elemen peradiasi, slot U dengan slot tambahan dan *groundplane* disesuaikan dengan frekuensi kerja yang diinginkan. Berdasarkan hasil perancangan dan optimasi diperoleh dimensi sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 w_{bu} = 0,0083 \text{ m} & l_{au} = 0,042 \text{ m} & w_{au} = 0,006 \text{ m} \\
 w_s = 0,007 \text{ m} & l_s = 0,044 \text{ m} & \\
 s = 0,0015 \text{ m} & l_{bu} = 0,031 \text{ m} &
 \end{array}$$

2. Simulasi Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan menggunakan Ansoft HFSS V 9.2 terdapat beberapa tahapan proses yaitu :
 - Pembuatan model 3D.
 - Validasi model 3D.
 - Analisis model 3D.
 - Menampilkan grafik hasil simulasi.
3. Adapun karakteristik antenna yang dihasilkan oleh Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan hasil pembuatan adalah :
 - Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan memiliki range frekuensi 1773 – 2716 MHz dengan *resonant frequency* pada 1830 MHz.
 - Pada frekuensi kerja 1830 MHz Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan memiliki nilai *Return Loss* sebesar -32,34 dB dan *VSWR* sebesar 1,049. Hal ini berarti antenna ini dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas $1 \leq VSWR < 2$ dan $\text{return loss} \leq -9,5$ dB.
 - Nilai koefisien pantul berbeda-beda pada setiap perubahan frekuensi. Pada frekuensi 1830 MHz Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan memiliki nilai koefisien pantul minimum sebesar 0,024 dan nilai impedansinya adalah $49.23 - j2.272 \Omega$, impedansi antenna ini hampir *match* dengan impedansi karakteristik saluran transmisi sebesar 50Ω .

- Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan hasil pembuatan memiliki nilai *gain* sebesar 16,466 dBi pada frekuensi 1900 MHz, nilai *gain* berbeda-beda untuk setiap frekuensi.
 - Besarnya *bandwidth* Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan hasil pembuatan adalah 890 MHz, antena ini memenuhi syarat sebagai antena *wideband microstrip*.
 - Hasil perhitungan *directivity* menunjukkan Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan hasil pembuatan memiliki nilai *directivity* sebesar 16,734dB
 - Pola radiasi Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan adalah *bidirectional*.
 - Polarisasi Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan berbentuk *ellips*.
4. Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan bisa digunakan untuk semua sistem komunikasi radio yang bekerja pada range frekuensi 1773 MHz – 2716 MHz. Dengan karakteristik *gain* yang besar, antena ini dapat digunakan sebagai antena penerima *outdoor* jarak jauh.

6.2 Saran

Untuk mendapatkan performasi yang lebih baik dari Antena *Wideband Microstrip U Slot* dengan *Slot* Tambahan maka diperlukan upaya pengembangan, adapun saran dalam pengembangan antena ini adalah :

1. Menggunakan bahan konduktor yang lebih baik dari tembaga akan meningkatkan kinerja antena secara keseluruhan, bahan konduktor ini digunakan sebagai elemen peradiasi maupun *groundplane*.
2. Menggunakan teknik pencatuan yang lebih kuat sehingga elemen peradiasi tidak goyang serta kinerja antena akan lebih stabil.
3. Ketelitian dalam proses pembuatan dan pengukuran antena tersebut, sehingga ketepatan hasil pengukuran antena dapat diperoleh sesuai dengan perencanaan. Oleh sebab itu diperlukan adanya alat ukur yang lebih teliti agar dimensi yang diinginkan dapat terpenuhi dan antena yang dihasilkan dapat bekerja secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansoft. *High Frequency Structure Simulator-User's Guide*. Pittsburgh : Ansoft Corporation.
- Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design. 2nd Edition*. John Wiley and Sons Inc.
- Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. New York: McGraw-Hill International.
- Punit, Naskar S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices*. Florida: The Florida State University.
- Stutzman, Warren L. And G.A.Thiele. 1981. *Antenna Theory and Design*. New York: Jhon Willey and son.
- Volakis, John L. 2007. *Antena Engineering Handbook, 4th Edition*. New York: McGraw-Hill International.
- Wong, Kin-Lu. 2002. *Compact and Broadband Microstrip Antennas*. New York : John Wiley and Sons Inc.
- Xuemin Shen, Mohsen Guizani, Robert Caiming dan Tho Le-Ngoc. 2006. *Ultra Wideband Wireless Communications and Networks*. England : John Wiley & Sons Ltd.
- Anonymous. www.depkominform.go.id
- Anonymous. <http://www.physics.upenn.edu>

LAMPIRAN



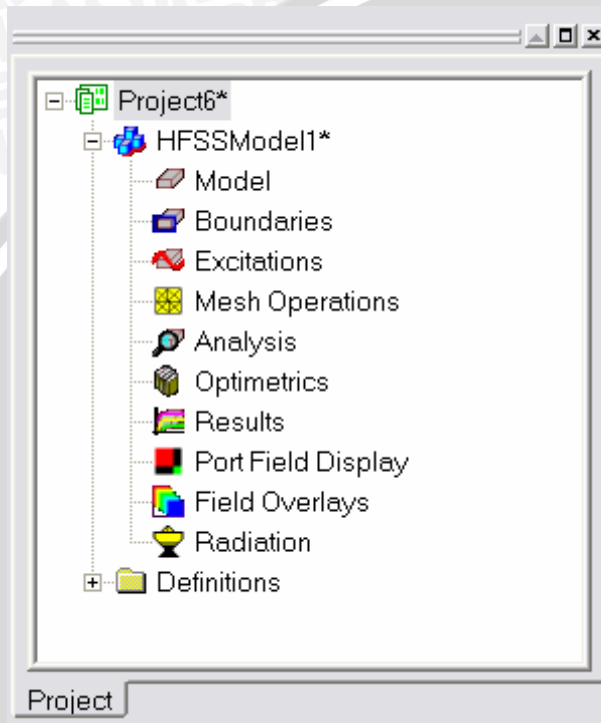
Lampiran 1. Langkah-Langkah Simulasi

Langkah-Langkah Simulasi Dengan Menggunakan *Software* Ansoft HFSS V.9.2

✚ Buka New Project

✚ Untuk membuka New Project

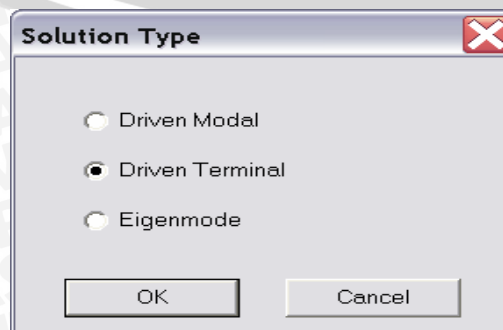
1. Pada Jendela Ansoft HFSS, klik  pada toolbar, atau pilih menu **File > New**
2. Dari menu **Project**, pilih **Insert HFSS Design**



✚ Mengatur Solution Type

✚ Untuk Mengatur solution type:

1. Pilih menu **HFSS > Solution Type**
2. Pada Tampilan Solution Type
 - Pilih **Driven Terminal**
 - Klik tombol **OK**



✚ Menggambar Model 3D

✚ Mengatur Model Units

✚ Untuk Mengatur Unit

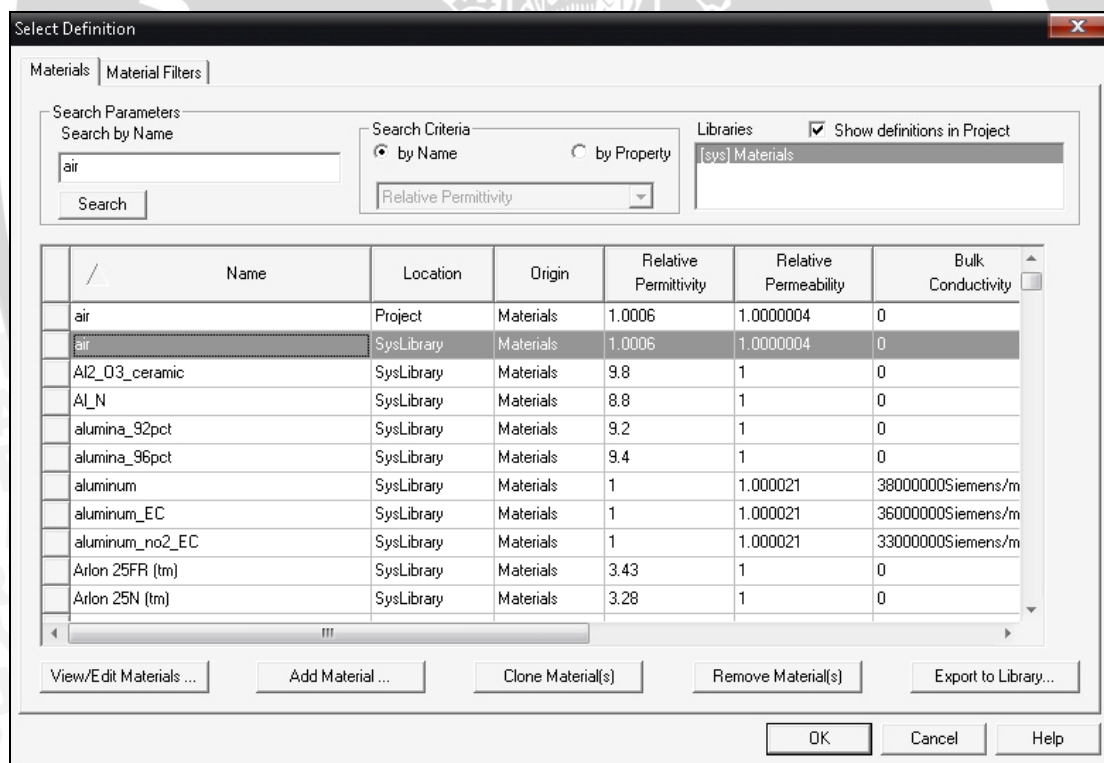
1. Pilih menu item **3D Modeler > Units**
2. Atur Model Unit:
 1. Select Units: **mm**
 2. Click the **OK** button



✚ Memilih Material

✚ Untuk memilih material:

1. Gunakan toolbar 3D Modeler Materials toolbar, pilih **Select**
2. Pada layar Select Definition:
 1. Ketik **Air** pada kolom **Search by Name**
 2. Click the **OK** button



✚ Menggambar Substrate

✚ Untuk menggambar substrate

1. Pilih menu **Draw > Box**
2. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan koordinat box
 - ✚ X: -39, Y: -52.5, Z: 0.0 tekan tombol **enter**

- Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan ujung koordinat box

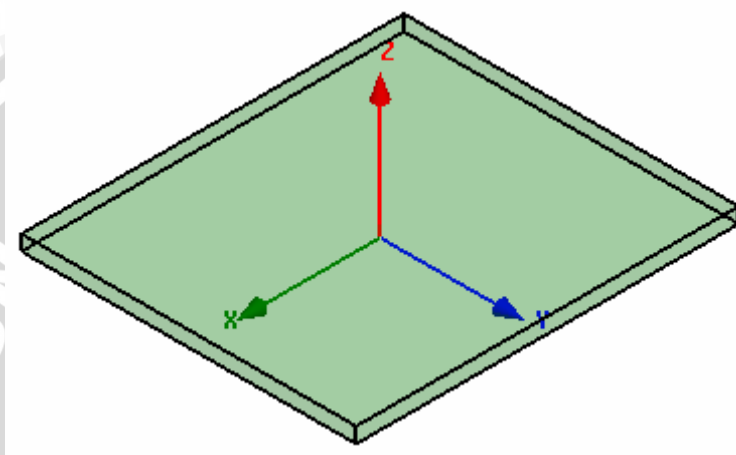
✚ dX: 78, dY: 105, dZ: 10 tekan tombol

✚ Mengatur nama:

- Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
- Pada kotak **Name** masukkan : **Sub1**
- Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan:

- Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**



✚ Menggambar Infinite Ground

✚ Untuk menggambar infinite ground:

- Pilih menu **Draw > Rectangle**
- Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan posisi rectangle
 - ✚ X: -39, Y: -52.5, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
- Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan ujung koordinat rectangle
 - ✚ dX: 78, dY: 105, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

- Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
- Pada kotak **Name** masukkan : **Inf_GND**
- Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

- Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**

✚ Menentukan Perfect E boundary pada Infinite Ground

✚ Memilih Object :

- Pilih menu **Edit > Select > By Name**

2. Memilih object,
 1. Pilih nama: **Inf_GND**
 2. Klik **OK**

✚ Menentukan Perfect E boundary

1. Pilih menu **HFSS > Boundaries > Assign > Perfect E**
2. Jendela Perfect E boundary
 1. Name: PerfE_Inf_GND
 2. Infinite Ground Plane: Checked
 3. Klik **OK**

✚ Membuat Infinite Ground Cut Out

✚ Untuk membuat cut out:

- ✚ Pilih menu Draw > Circle
- ✚ Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan posisi center circle
 - ✚ X: 5.0 Y: 0.0 Z: 0.0 tekan tombol **enter**
- ✚ Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan radius circle
 - ✚ dX: 0.0, dY: 1.6, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Cut_Out**
3. Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**

✚ Menyelesaikan Infinte Ground

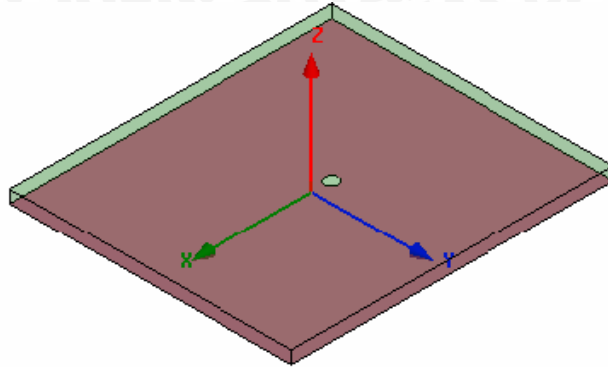
✚ Untuk memilih object Inf_GND & Cut_Out:

1. Pilih menu **Edit > Select > By Name**
2. Memilih Object:
 1. Pilih Object : **Inf_GND, Cut_Out**
 2. Klik **OK**

✚ Menyelesaikan Lingkaran

1. Pilih menu **3D Modeler > Boolean > Subtract**
2. Pada jendela subtract
 - ✚ Blank Parts: **Inf_GnD**

- ✚ Tool Parts: **Cut_Out**
- ✚ Clone tool objects before subtract: **Unchecked**
- ✚ Klik **OK**



✚ Menggambar Patch

✚ Untuk Menggambar Patch:

1. Pilih menu **Draw > Rectangle**
2. Gunakan kolom koordinate untuk memasukkan posisi Rectangle
 - ✚ X: -26, Y: -35, Z: 10 tekan tombol **enter**
3. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan ujung koordinat rectangle
 - ✚ dX: 52, dY: 70, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Patch**
3. Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**

✚ Membuat Slot Cut Out Horizontal

✚ Untuk membuat cut out:

- ✚ Pilih menu **Draw > Rectangular**
- ✚ Gunakan kolom koordinate untuk membuat rectangular slot
 - ✚ X: -19.5 Y: -12 Z: 10 tekan tombol **enter**
- ✚ Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan radius circle
 - ✚ dX: -4.2, dY: 24, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Slot_Horizontal**
3. Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**

✚ Membuat Slot Cut Out Vertikal Kiri

✚ Untuk membuat cut out:

- ✚ Pilih menu **Draw > Rectangular**

- ✚ Gunakan kolom koordinat untuk membuat rectangular slot

✚ X: -19.5 Y: -12 Z: 10 tekan tombol **enter**

- ✚ Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan radius circle

✚ dX: 39, dY: 4.2 dZ: 0.0 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Vertikal_kiri**
3. Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**

✚ Membuat Slot Cut Out Vertikal Kanan

✚ Untuk membuat cut out:

- ✚ Pilih menu **Draw > Rectangular**

- ✚ Gunakan kolom koordinat untuk membuat rectangular slot

✚ X: -19,5 Y: -12 Z: 10 tekan tombol **enter**

- ✚ Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan radius circle

✚ dX: 39, dY: -4.2, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Vertikal_kanan**
3. Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**

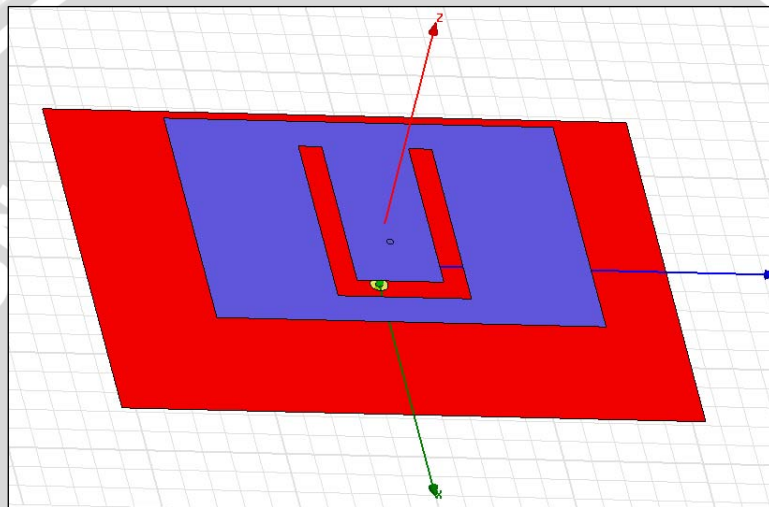
✚ Menentukan Perfect E boundary pada Patch

✚ Untuk memilih object:


1. Pilih menu **Edit > Select > By Name**
2. Memilih Object:
 1. Pilih Object : **Patch**
 2. Klik **OK**

Menentukan Perfect E boundary

1. Pilih menu **HFSS > Boundaries > Assign > Perfect E**
2. Jendela Perfect E boundary
 1. Name: **PerfE_Patch**
 2. Klik **OK**



Menentukan Material




-  Untuk menentukan material dasar:

1. Gunakan toolbar 3D Modeler Materials, pilih **vacuum**



Menggambar Coax

-  Untuk menggambar coax:

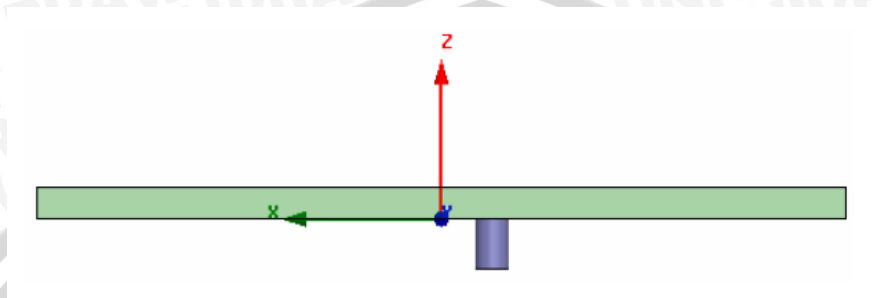
1. Pilih menu **Draw > Cylinder**
2. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan posisi cylinder
 -  X: 5,0 Y: 0,0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
3. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan radius cylinder
 -  X: 0.0, Y: 1.6, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
4. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan tinggi cylinder
 -  X: 0.0, Y: 0.0, Z: -5 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Coax**
3. Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**



✚ Mengatur Material Dasar

✚ Untuk mengatur material dasar:

1. Gunakan toolbar 3D Modeler Materials toolbar, pilih **Select**
2. Pada layar Select Definition:
 1. Ketik **pec** pada kolom **Search by Name**
 2. Click the **OK** button

✚ Menggambar Coax Pin

✚ Untuk menggambar coax pin:

1. Pilih menu **Draw > Cylinder**
2. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan posisi cylinder
 - ✚ X: 5,0, Y: 0,0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
3. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan radius cylinder
 - ✚ X: 0.0, Y: 0.635, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
4. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan tinggi cylinder
 - ✚ X: 0.0, Y: 0.0, Z: 5 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Coax_Pin**
3. Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**


Menggambar Wave port

Untuk menggambar circle yang memrepresentasikan port:

1. Pilih menu **Draw > Circle**
2. Gunakan kolom koordinate untuk memasukkan posisi center circle

 X: 5, Y: 0, Z: -5 tekan tombol **enter**

3. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan radius circle

 dX: 0.0, dY: 1.6, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**

Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Port1**
3. Klik **enter**

Untuk memilih object:

1. Pilih menu **Edit > Select > By Name**

2. Memilih Object:

1. Pilih Object : **Port1**

2. Klik **OK**

Menentukan Wave port

1. Seley menu **HFSS > Excitations > Assign > Wave Port**

2. Wave Port : General

1. Name: **p1**

2. Klik tombol **Next**

3. Wave Port : Terminals

1. Number of Terminals: **1**,

2. Untuk **T1**, klik the **Undefined** column and pilih **New Line**

3. Gunakan kolom koordinate untuk memasukkan posisi vektor

 X: -0.34, Y: 0.0, Z: -0.5 tekan tombol **enter**

4. Gunakan kolom koordinate untuk memasukkan posisi vertex

 dX: -0.09, dY: 0.0, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**

5. Klik tombol next

4. Wave Port : Differential Pairs

1. Click the Next button

5. Wave Port: Post Processing

1. Reference Impedance: 50
6. Klik tombol finish

✚ Menggambar Probe

✚ Untuk menggambar probe:

✚ Pilih menu **Draw > Cylinder**

1. Gunakan kolom koordinate untuk memasukkan posisi cylinder
 - ✚ X: 5.0, Y: 0.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
2. Gunakan kolom koordinate untuk memasukkan radius cylinder
 - ✚ X: 0.0, Y: 0.635, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
3. Gunakan kolom koordinate untuk memasukkan tinggi cylinder
 - ✚ X: 0.0, Y: 0.0, Z: 10 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Probe**
3. Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**

✚ Menentukan Material

✚ Untuk menentukan material dasar:

1. Gunakan toolbar 3D Modeler Materials, pilih **vacuum**



✚ Menggambar Udara (Air)

✚ Untuk menggambar air

1. Pilih menu **Draw > Box**
2. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan koordinat box
 - ✚ X: -39, Y: -52.5, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
3. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan ujung koordinat box
 - ✚ dX: 78, dY: 105, dZ: 40 tekan tombol **enter**

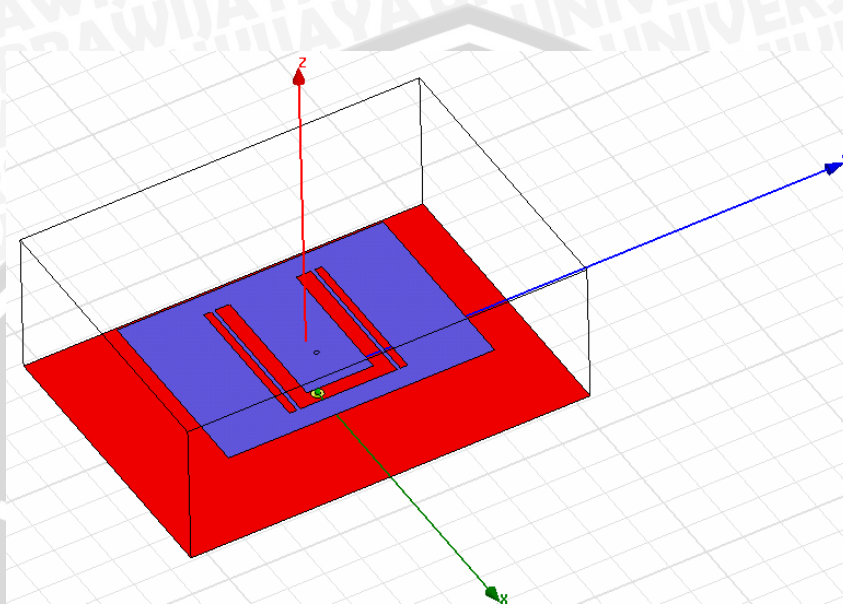
✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**

2. Pada kotak **Name** masukkan : **Air**
3. Klik **enter**

✚ **Untuk menampilkan gambar keseluruhan:**

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**



✚ **Menggambar Radiation Boundary**

✚ **Memilih faces**

1. Pilih menu **Edit > Select > Faces**
2. Pilih semua faces dari object **Air** kecuali faces pada $Z=0.0$ mm

✚ **radiation boundary:**

1. Select the menu item **HFSS > Boundaries > Assign > Radiation**
2. Radiation Boundary
 1. Name: Rad1
 2. Click the OK button

✚ **Membuat Radiation Setup**

✚ **Untuk menentukan radiation setup**

1. Pilih menu **HFSS > Radiation > Insert Far Field Setup > Infinite Sphere**
2. Far Field Radiation Sphere Setup dialog
 1. Pilih tab **Infinite Sphere**
 1. Name: **ff_2d**

2. Phi: (Start: **0**, Stop: **90**, Step Size: **90**)
3. Theta: (Start: **-180**, Stop: **180**, Step Size: **2**)
2. Klik **OK**

✚ **Analysis Setup**

✚ **Membuat analisis Setup**

✚ **Untuk membuat analisis setup:**

1. Pilih menu **HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup**
2. Solution Setup:
 1. Klik **General** tab:
 - ✚ Solution Frequency: **2.3 GHz**
 - ✚ Maximum Number of Passes: **20**
 - ✚ Maximum Delta S per Pass: **0.02**
 2. Klik **OK**

✚ **Menambahkan Frequency Sweep**

✚ **Untuk menambahkan Frequency Sweep:**

1. Pilih menu **HFSS > Analysis Setup > Add Sweep**
 1. Select Solution Setup: **Setup1**
 2. Klik **OK**
2. Edit Sweep:
 1. Sweep Type: **Fast**
 2. Frequency Setup Type: **Linear Count**
 - ✚ Start : **1.8 GHz**
 - ✚ Stop : **3.0 GHz**
 - ✚ Count: **201**
 - ✚ Save Fields: **Checked**
3. Klik **OK**

✚ **Menyimpan Project**

✚ **Untuk menyimpan project**

1. Pada jendela Ansoft HFSS, pilih menu **File > Save As**
2. Pada jendela Save As, ketik nama file : **simulasi_wideband_microstrip**
3. Klik **save**

✚ Analyze

✚ Model Validation

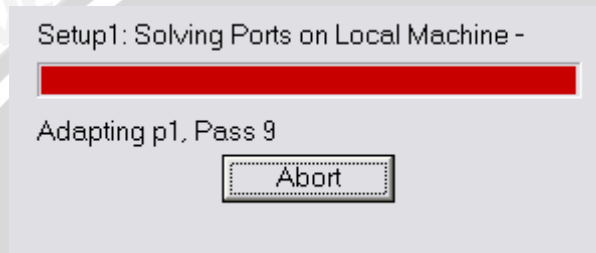
✚ Untuk validasi:

1. Pilih menu item **HFSS > Validation Check**
2. Klik **Close**

✚ Analyze

✚ Untuk memulai analisa:

1. Pilih menu **HFSS > Analyze All**

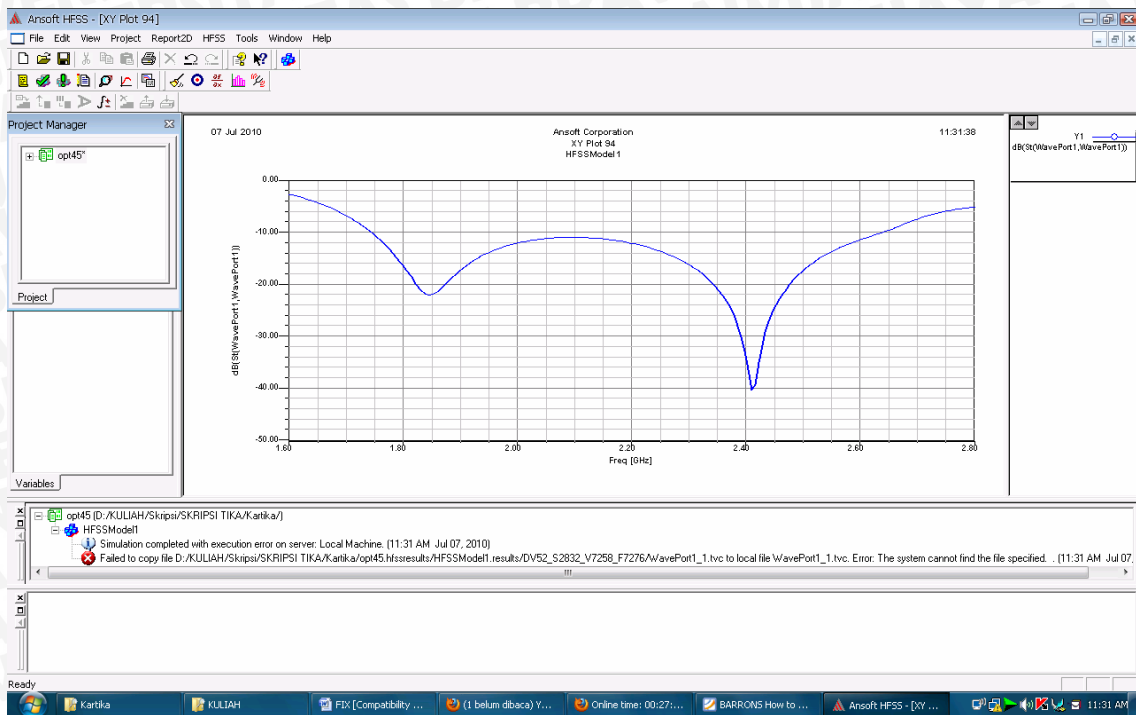


✚ Create Reports

✚ Membuat Grafik Terminal S-Parameter – Magnitude

✚ Untuk membuat report:

1. Pilih menu **HFSS > Results > Create Report**
2. Pada jendela **Create Report**:
 1. Report Type: **Terminal S Parameters**
 2. Display Type: **Rectangular**
 3. Klik **OK**
3. Pada jendela **Trace**
 1. Solution: Setup1: **Sweep1**
 2. Domain: **Sweep**
 3. Klik tab **Y**
 1. Category: **Terminal S Parameter**
 2. Quantity: **St(p1,p1),**
 3. Function: **dB**
 4. Klik **Add Trace** button
 4. Klik **Done**



Membuat Grafik VSWR

Untuk membuat report:

1. Pilih menu **HFSS > Results > Create Report**
2. Pada jendela **Create Report**:
 1. Report Type: **Terminal S Parameters**
 2. Display Type: **Rectangular**
 3. Klik **OK**
1. Pada jendela **Trace**
 1. Solution: Setup1: **Sweep1**
 2. Domain: **Sweep**
 3. Klik tab **Y**
 1. Category: **VSWR**
 2. Quantity: **VSWR(p1,p1)**,
 3. Function: **abs**
 4. Klik **Add Trace** button
 4. Klik **Done**

