



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP DUALBAND
SINGLE INPUT MULTIPLE OUTPUT**

SKRIPSI

**ARWIDYA TANTRI AGTUSIA
0906602471**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP DUALBAND
SINGLE INPUT MULTIPLE OUTPUT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ARWIDYA TANTRI AGTUSIA
0906602471**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Arwidya Tantri Agtusia

NPM : 0906602471

Tanda Tangan :



Tanggal : 19 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Arwidya Tantri Agtusia

NPM : 0906602471

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Rancang Bangun Antena Mikrostrip Dualband Single
Input Multiple Output

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Fitri Yuli Zulkifli, S.T, M.Sc

()

Penguji : Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Raharjo, M.Sc

()

Penguj : Basari, S.T, M.Eng, Ph.D

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 19 Januari 2012

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Fitri Yuli Zulkifli, S.T., M.Sc.

selaku dosen pembimbing I, dan kepada :

Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo, M.Sc.

selaku dosen pembimbing II, dan kepada :

Basari, S.T., M.Eng, Ph.D

selaku dosen pembimbing III.

yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan, diskusi, bimbingan, dan tempat untuk eksperimen serta menyetujui sebagai bagian dari penelitian pada *Antenna and Microwave Research Group (AMRG)* sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Depok, 19 Januari 2012

Penulis,

Arwidya Tantri Agtusia
NPM. 0906602471

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arwidya Tantri Agtusia
NPM : 0906602471
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP DUALBAND SINGLE
INPUT MULTIPLE OUTPUT**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 19 Januari 2012

Yang menyatakan



(Arwidya Tantri Agtusia)

ABSTRAK

Nama : Arwidya Tantri Agtusia
Program studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Antena Mikrostrip Dualband Single Input Multiple Output

Kebutuhan akan pengiriman informasi yang semakin cepat, beragam dan dapat dilakukan dimana saja menyebabkan lahirnya teknologi nirkabel yang semakin handal. Antena merupakan salah satu perangkat yang sangat penting pada teknologi nirkabel. WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) dan LTE (*Long Term Evolution*) merupakan dua contoh teknologi nirkabel yang sedang dikembangkan saat ini. Teknologi ini memungkinkan untuk mengirimkan dan menerima data yang besar dan kualitas yang baik. Untuk dapat menerima data dengan kualitas yang baik, maka dibutuhkanlah antena dengan SNR (*Signal to Noise Ratio*) yang tinggi dan kapasitas yang besar. Skripsi ini membahas mengenai rancang bangun antena mikrostrip *dualband* SIMO pada frekuensi 2.3 – 2.4 GHz dan 2.6 – 2.7 GHz yang akan diaplikasikan untuk WiMAX dan LTE dengan menyisipkan teknologi SIMO (*Single Input Multiple Output*) yang diharapkan dapat memperbesar SNR dan kapasitas kanal. Dari hasil pengukuran didapatkan frekuensi kerja dari antena SIMO *port 1* adalah 2.4 – 2.47 GHz dan 2.67 – 2.74 GHz, *port 2* adalah 2.38 – 2.45 GHz dan 2.63 – 2.72 GHz, kemudian *port 3* adalah 2.38 – 2.44 GHz dan 2.64 – 2.73 GHz, dengan *mutual coupling* kurang dari -20 dB.

Kata kunci:
antena mikrostrip, dualband, LTE, WiMAX, SIMO

ABSTRACT

Name : Arwidya Tantri Agtusia
Major : Electrical Engineering
Final Project Title : Design of Dualband Microstrip Antenna Single Input Multiple Output

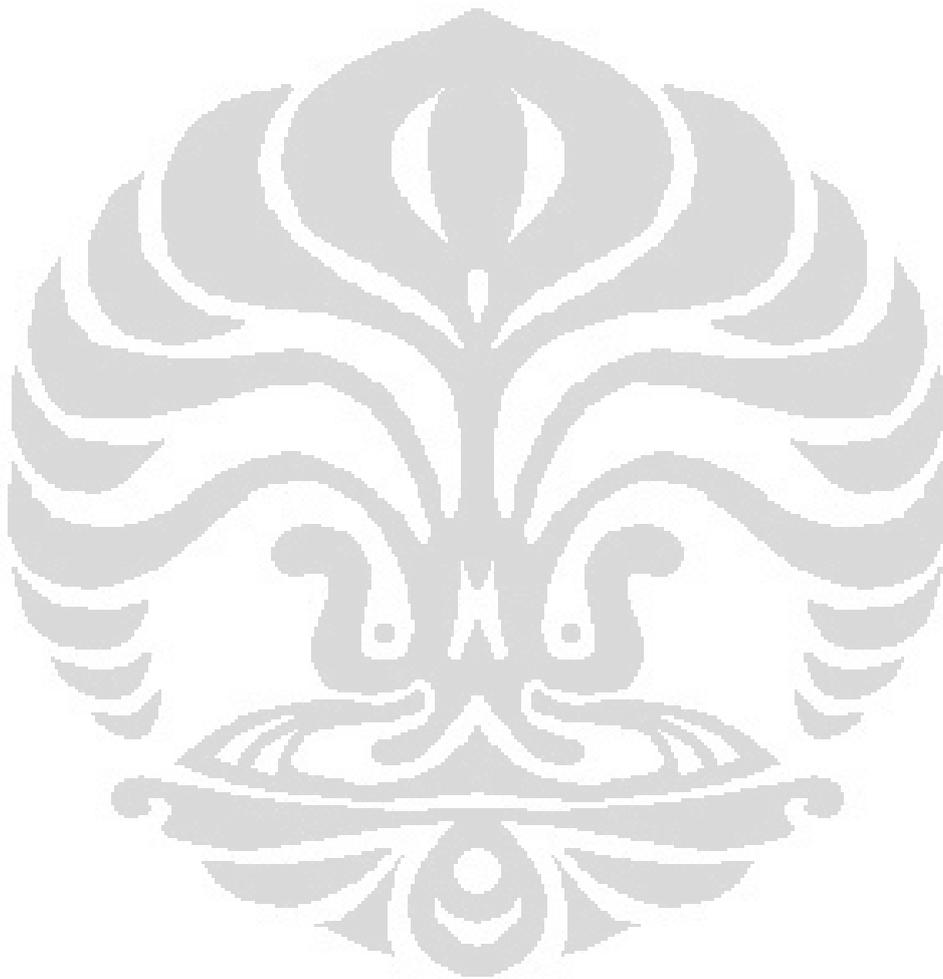
The need of sending information rapidly, diverse and more mobile, leads to reliable wireless technology. Antenna is a very important device for wireless technology. WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) and LTE (Long Term Evolution) are two of wireless technologies which are currently developed. This technology allows to send and receive large data and with good quality. To get data with a good quality, an antenna with high SNR(Signal to Noise Ratio) and big capacity is needed. This Research explains the design of microstrip antenna dualband SIMO at frequency 2.3 -2.4 GHz and 2.6-2.7 GHz. It is designed with SIMO(Single Input Multiple Output) technology that will improve SNR and channel capacity. From the measurement results show that the working frequency of the SIMO antenna at port 1 is 2.4 - 2.47 GHz and 2.67 - 2.74 GHz, port 2 is 2.38-2.45 GHz and 2.63 - 2.72 GHz, and port 3 is 2.38-2.44 GHz and 2.64 - 2.73 GHz. Additionally the mutual coupling for all ports are less than -20 dB.

Keywords: microstrip antenna, dualband, LTE, WiMAX, SIMO

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penulisan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 ANTENA DUALBAND SIMO.....	4
2.1 <i>Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)</i>	4
2.2 <i>Long Term Evolution (LTE)</i>	6
2.3 <i>Single Input Multiple Output (SIMO)</i>	7
2.4 Antena Mikrostrip.....	9
2.4.1 Dimensi Elemen Peradiasi <i>Rectangular</i>	11
2.4.2 Teknik Pencatuan Antena.....	12
2.5 Teknik <i>Dualband</i> Frekuensi.....	14
2.6 Parameter Antena.....	15
2.6.1 Impedansi Input (Z_{in}).....	16
2.6.2 <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	16
2.6.3 <i>Return Loss</i>	17
2.6.4 <i>Bandwidth</i>	17
2.6.5 Direktivitas.....	18
2.6.6 <i>Gain</i>	19
BAB 3 PERANCANGAN ANTENA DAN SIMULASI.....	20
3.1 Penentuan Spesifikasi Antena.....	20
3.2 Perlengkapan Digunakan.....	20
3.3 Diagram Alir Perancangan Antena.....	22
3.4 Perancangan Antena <i>Singleband</i>	23
3.5 Perancangan Antena <i>Dualband</i>	24
3.6 Perancangan Antena SIMO.....	30
BAB 4 HASIL DAN ANALISA.....	35
4.1 Peralatan yang Digunakan untuk Pengukuran.....	35

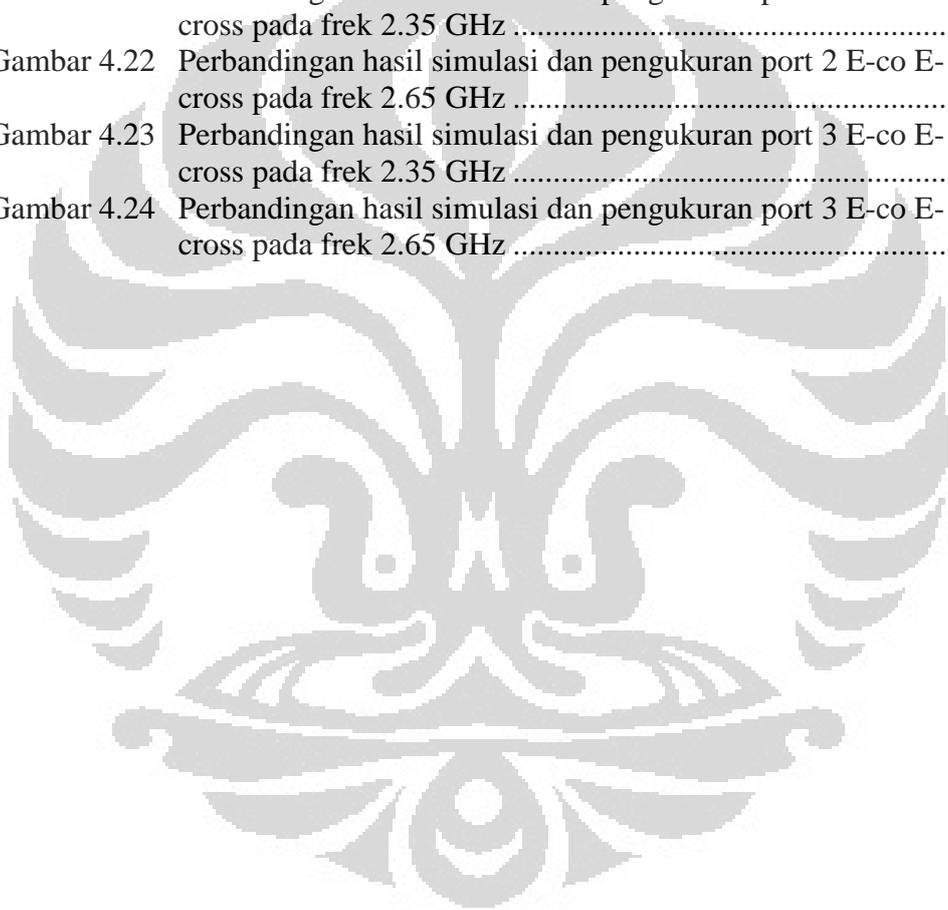
4.2 Pengukuran Antena <i>Dualband</i> SIMO	36
4.2.1 Hasil Pengukuran Antena <i>Dualband Single</i> Elemen.....	36
4.2.2 Hasil Pengukuran Antena <i>Dualband</i> SIMO.....	42
BAB 5 KESIMPULAN	50
DAFTAR ACUAN	51
DAFTAR PUSTAKA	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Standar jaringan nirkabel[9].	4
Gambar 2.2	Skema perkiraan standar telekomunikasi bergerak.[10]	6
Gambar 2.3	Antena SIMO.	8
Gambar 2.4	Antena SISO.	8
Gambar 2.5	Antena MISO.	9
Gambar 2.6	Antena MIMO	9
Gambar 2.7	Antena mikrostrip.	9
Gambar 2.8	Medan listrik pada saluran mikrostrip[15]	12
Gambar 2.9	Koaksial probe [16]	13
Gambar 2.10	Pencatuan transmission line[16]	14
Gambar 2.11	Bandwidth[15]	18
Gambar 3.1	Diagram Alir Perancangan Antena.	22
Gambar 3.2	Desain Antena <i>Singleband</i>	24
Gambar 3.3	Tampak atas (a.) <i>Patch</i> antena (b.) <i>ground</i> antena	25
Gambar 3.4	Letak titik x dan y pada sumbu u,v.	25
Gambar 3.5	S-parameter saat celah digeser kiri dan kanan	25
Gambar 3.6	S-parameter saat celah digeser ke atas dan ke bawah	26
Gambar 3.7	S-parameter saat celah dilebarkan.	26
Gambar 3.8	S-parameter setelah diiterasi.	27
Gambar 3.9	Menggeser <i>ground</i> dari atas ke bawah.	27
Gambar 3.10	Grafik saat <i>ground</i> dinaikkan 6 mm	28
Gambar 3.11	Letak <i>line</i> pada <i>ground</i> .	28
Gambar 3.12	Hasil iterasi <i>line</i> pada <i>ground</i>	29
Gambar 3.13	<i>S-pagroundrameter line</i> 1.6 mm.	29
Gambar 3.14	Pola radiasi 3D pada frekuensi 2.35 GHz	29
Gambar 3.15	Pola radiasi 3D pada frekuensi 2.65 GHz	30
Gambar 3.16	Pola radiasi E-co dan E-cross pada frekuensi (a.)2.35 GHz (b.) 2.65GHz.	30
Gambar 3.17	Gambar antena SIMO 1x2 sejajar	31
Gambar 3.18	S-parameter SIMO sejajar	31
Gambar 3.19	Desain SIMO dengan transmission line ke atas dan ke bawah	32
Gambar 3.20	S-parameter SIMO desain kedua.	32
Gambar 3.21	<i>Ground</i> setelah diberi celah.	33
Gambar 3.22	Hasil <i>return loss</i> antena SIMO (a.)S12 (b.) S23 (c.) S22	33
Gambar 3.23	S-Parameter setelah diberikan celah 0.6 mm	34
Gambar 4.1	Antena setelah difabrikasi	37
Gambar 4.2	Return Loss antena pertama	37
Gambar 4.3	Pergeseran frekuensi.	38
Gambar 4.4	Hasil iterasi pelebaran <i>bandwidth</i>	39
Gambar 4.5	Hasil pengukuran pola radiasi 2.35 GHz.	40
Gambar 4.6	Hasil simulasi pola radiasi 2.35 GHz	40
Gambar 4.7	Hasil pengukuran pola radiasi 2.65 GHz.	41
Gambar 4.8	Hasil simulasi pola radiasi 2.65 GHz	41
Gambar 4.9	Gambar antenna SIMO 1x2	42
Gambar 4.10	Perbandingan hasil simulasi S11 SIMO dengan pengukuran.	42

Gambar 4.11	Perbandingan hasil simulasi S22 SIMO dengan pengukuran.....	43
Gambar 4.12	Perbandingan hasil simulasi S33 SIMO dengan pengukuran.....	43
Gambar 4.13	Perbandingan hasil simulasi S12 SIMO dengan pengukuran.....	44
Gambar 4.14	Perbandingan hasil simulasi S23 SIMO dengan pengukuran.....	44
Gambar 4.15	Perbandingan hasil simulasi S13 SIMO dengan pengukuran.....	45
Gambar 4.16	Hasil pengukuran pola radiasi <i>port</i> 1 SIMO	46
Gambar 4.17	Hasil pengukuran pola radiasi <i>port</i> 2 SIMO	46
Gambar 4.18	Hasil pengukuran pola radiasi <i>port</i> 3 SIMO.....	46
Gambar 4.19	Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 1 E-co E-cross pada frek 2.35 GHz	47
Gambar 4.20	Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 1 E-co E-cross pada frek 2.65 GHz	48
Gambar 4.21	Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 2 E-co E-cross pada frek 2.35 GHz	48
Gambar 4.22	Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 2 E-co E-cross pada frek 2.65 GHz	48
Gambar 4.23	Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 3 E-co E-cross pada frek 2.35 GHz	49
Gambar 4.24	Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 3 E-co E-cross pada frek 2.65 GHz	49



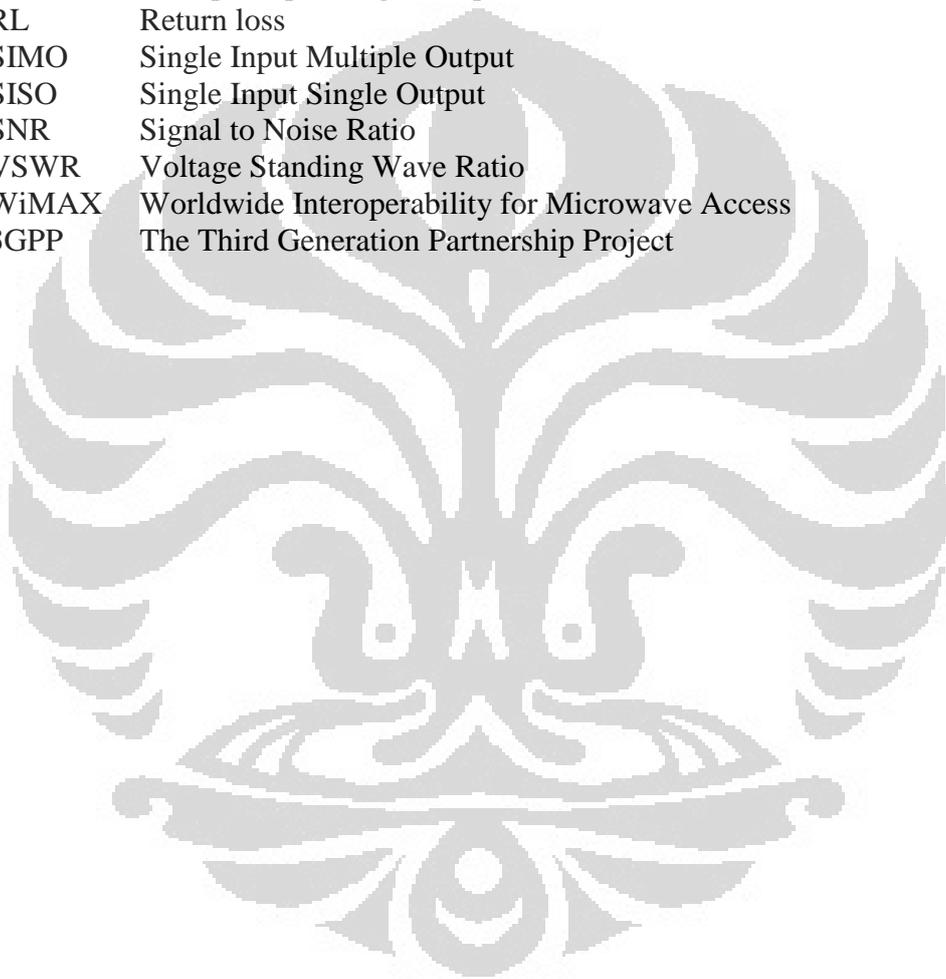
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penggunaan spektrum LTE secara Global [12].....	7
Tabel 3.1	Spesifikasi Substrate FR4.....	23
Tabel 3.2	Hasil perhitungan patch antena.....	23



DAFTAR SINGKATAN

AUT	Antenna Under Test
BWA	Broadband Wireless Access
dB	Decible
dBi	Decible isotropic
IEEE	Institute of Electrical and Electronis Engineering
LOS	Line Of Sight
LTE	Long Term Evolution
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MISO	Multiple Input Single Output
RL	Return loss
SIMO	Single Input Multiple Output
SISO	Single Input Single Output
SNR	Signal to Noise Ratio
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
3GPP	The Third Generation Partnership Project



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi telekomunikasi saat ini berkembang seiring dengan kebutuhan masyarakat akan layanan komunikasi yang beragam dan membutuhkan kualitas yang semakin baik. Komunikasi yang diharapkan saat ini tidak lagi hanya berupa suara (*voice*) tetapi juga layanan data yang dapat memuat video (gambar). Untuk itu teknologi yang dibutuhkan tidak hanya harus memuat banyak informasi tetapi juga harus cepat, efektif, efisien dan dapat dilakukan dimana saja (*wireless*). Disamping itu berkembangnya jaringan komunikasi bergerak dan permintaan yang tumbuh dengan cepat terhadap komunikasi personal, menyebabkan kebutuhan akan mobilitas tinggi dalam berkomunikasi akan tumbuh makin kuat diantara pengguna jasa telekomunikasi. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa teknologi jaringan bergerak saat ini harus mampu mendukung karakteristik sistem komunikasi bergerak, dengan terminal yang *portable* dan memenuhi persyaratan komunikasi bergerak yang ada.

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) dan LTE (*Long Term Evolution*) merupakan dua contoh teknologi nirkabel yang sedang dikembangkan saat ini. WiMAX dan LTE merupakan teknologi seluler generasi ke 4 (4G). Untuk di Indonesia penyelenggara jaringan WiMAX telah diselenggarakan oleh Direktorat Jendral Pos dan Telekomunikasi (Depkominfo). Adapun frekuensi kerja yang digunakan adalah 2.3 – 2.4 GHz dan 3.3 – 3.4 GHz[1]. Namun pada frekuensi 3.3 – 3.4 GHz dibebberapa channelnya masih digunakan oleh satelit. Untuk jaringan LTE di Indonesia, pemerintah belum menetapkan regulasi dikarenakan adanya kendala akan ketersediaan pita frekuensi. Namun merujuk pada standarisasi frekuensi yang ditetapkan oleh 3GPP (*The Third Generation Partnership Project*) selaku pengembang proyek yang menjanjikan LTE dapat dioperasikan hampir diseluruh frekuensi yang distandarisasi 3GPP, mulai dari 2.5/2.6 GHz, 2.3 GHz, 2.1 GHz, 1900 MHz, 1800 MHz, 1700/2100 MHz, 1500 MHz, 900 MHz, 850 MHz, 700 MHz, hingga 450

MHz[3] dan beberapa negara yang telah mengembangkan LTE sebelumnya lebih banyak menggunakan frekuensi 2.6 – 2.7 GHz.

Pada teknologi seluler konvensional digunakan hanya satu antena pengirim dan beberapa antena penerima untuk mengirimkan sejumlah data. Teknik *Single Input Multiple Output* (SIMO) memanfaatkan diversitas antena di penerima yang secara teoritis dapat meningkatkan *signal to noise ratio* (SNR) [4]. Dengan teknik SIMO satu antena transmit digunakan untuk mengirim sinyal dan dua antena penerima akan menerima sinyal yang terkuat [4] dan melakukan proses *combining* untuk mendapatkan sinyal dengan kualitas yang terbaik sehingga diperoleh SNR yang optimal di bagian penerima. Semakin banyak antena yang digunakan pada bagian pengirim dan penerima, maka SNR dapat diperoleh secara maksimal sehingga akan diperoleh nilai BER yang kecil [3]. Teknologi ini sangat bermanfaat untuk mengirimkan sejumlah data yang cukup besar yang sangat dibutuhkan oleh WiMAX dan LTE.

Penelitian mengenai cara mendapatkan antena dengan frekuensi *dualband* menggunakan *slot* telah banyak dilakukan antara lain dengan menggunakan *slot* baik berbentuk U[5], T[6], maupun V[7]. Sedangkan yang membicarakan mengenai kebutuhan akan *datarate* yang besar, kapasitas kanal yang besar dan SNR yang optimal beberapa penelitian menggunakan MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)[8]. Terkait dengan penggunaan antena yang akan diaplikasikan pada laptop, yang lebih membutuhkan proses download dibandingkan dengan upload maka dipilihlah antena dengan menggunakan teknik SIMO sehingga dapat mengurangi konsumsi daya.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari skripsi ini adalah rancang bangun antena *dualband* SIMO 1x2 dengan frekuensi kerja 2.3 – 2.4 GHz dan 2.6 – 2.7 GHz berupa antena mikrostrip dengan elemen peradiasi *rectangular*.

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada skripsi ini dibatasi pada perancangan dan pembuatan antena *dualband* SIMO 1x2 untuk aplikasi pada

WiMAX dan LTE. Untuk mengetahui unjuk kerja dari antenna tersebut, simulasi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio.

1.4 Metode Penulisan

Tulisan skripsi ini disusun berdasarkan sumber literatur, baik dari, buku, jurnal maupun artikel-artikel di internet yang terkait dengan perancangan antenna mikrostrip

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini akan dibagi dalam empat bagian besar, yaitu :

Bab 1 Pendahuluan

Bagian ini terdiri dari latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Antena Dualband SIMO

Bagian ini akan berisi tentang bahasan teori dasar mengenai antenna mikrostrip khususnya khususnya antenna mikrostrip *patch rectangular*, parameter umum suatu antenna, WiMAX, LTE dan teknologi SIMO.

Bab 3 Perancangan Antena dan Simulasi

Bagian ini memberikan penjelasan mengenai perancangan antenna dualband single dan antenna dualband SIMO 1x2 menggunakan software CST Microwave Studio.

Bab 4 Hasil dan Analisa

Bagian ini berisi hasil pabrikan dari simulasi dan analisa hasil pengukuran pabrikan dengan hasil simulasi.

Bab 5 Kesimpulan

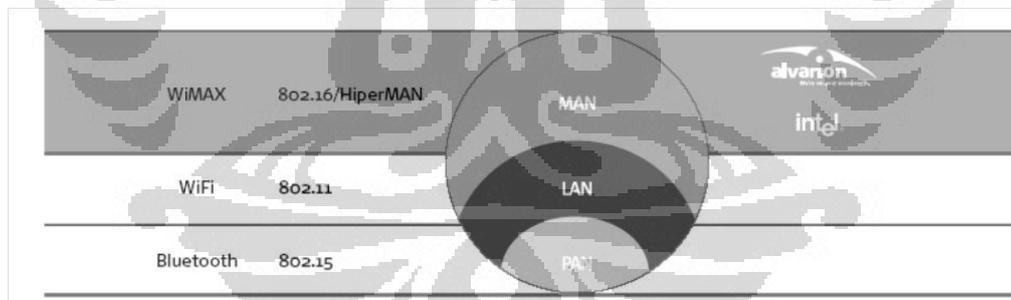
Bab ini berisi poin-poin kesimpulan dari keseluruhan proses rancang bangun.

BAB 2

ANTENA DUALBAND SIMO

2.1 *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) merupakan teknologi komunikasi data nirkabel tingkat lanjut yang dikembangkan untuk meningkatkan kinerja dan kapasitas serta jangkauan layanan yang lebih luas. WiMAX dan WiFi dibedakan berdasarkan standar teknik yang bergabung didalamnya. Secara performa layanan, teknologi WiMAX ini memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan Wi-Fi. Teknologi ini mampu menyediakan akses pita lebar atau BWA (*Broadband Wireless Access*) dengan jangkauan yang luas. Standar jaringan nirkabel terlihat pada Gambar 2.1. Standar yang umum diterima dan secara luas digunakan adalah standar yang dikeluarkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE)*, seperti standar 802.15 untuk *Personal Area Network (PAN)*, 802.11 untuk jaringan *Wireless Fidelity (WiFi)*, dan 802.16 untuk jaringan *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*[3].



Gambar 2.1 Standar jaringan nirkabel[9]

Dengan *tower* yang dipasang dipusat akses internet (*hot spot*) di tengah kota *metropolitan*, seorang pemakai *laptop*, komputer, *handphone*, hingga *personal digital assistant (PDA)*, dengan *wireless card* bisa koneksi dengan internet, bahkan sampai ke pedesaan yang masih dalam cakupan area 50 kilometer. Hal ini dapat terjadi karena teknologi WiMAX menggunakan standar baru IEEE 802.16. Saat ini WiFi menggunakan standar komunikasi 802.11, yang paling banyak dipakai pada jaringan WiFi adalah IEEE 802.11b dengan kecepatan

11 Mbps, hanya mencapai cakupan area tidak lebih dari ratusan meter saja. WiMAX merupakan saluran komunikasi radio yang memungkinkan terjadinya jalur internet dua arah dari jarak puluhan kilometer dengan kecepatan transfer data sebesar 70 Mbps. Dengan memanfaatkan gelombang radio, teknologi ini bisa dipakai dengan frekuensi berbeda, sesuai dengan kondisi dan peraturan pemakaian frekuensi di negara pengguna.

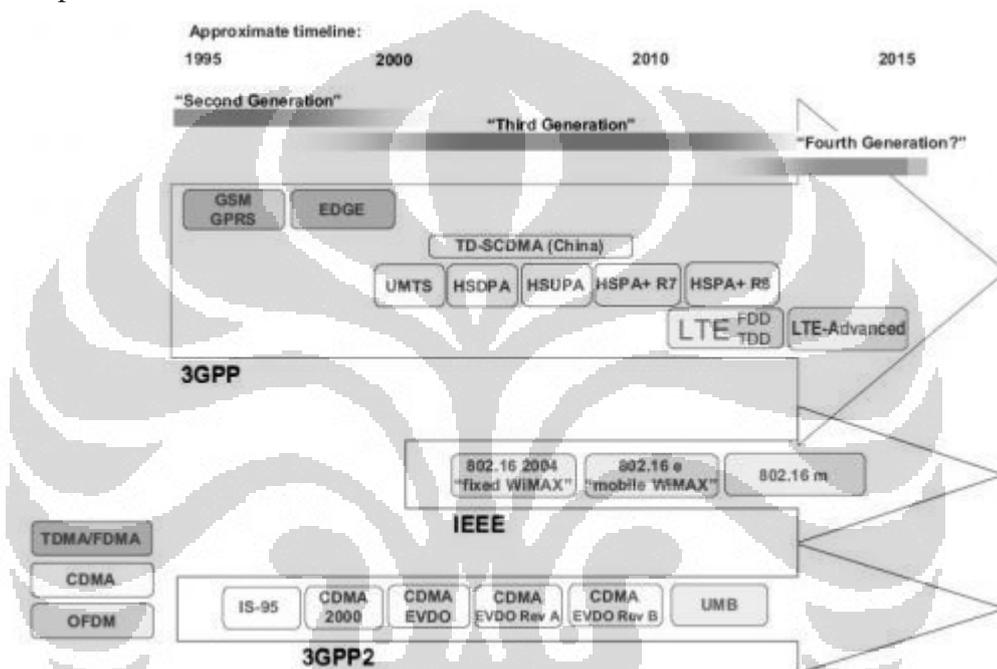
Pada awalnya *standard* IEEE 802.16 beroperasi ada frekuensi 10 - 66 GHz dan memerlukan *tower line of sight*, tetapi pengembangan IEEE 802.16a yang disahkan pada bulan Maret 2004, menggunakan frekuensi yang lebih rendah yaitu sebesar 2 - 11 GHz, sehingga memungkinkan komunikasi *non line of sight* (NLOS)[9]. Perbedaan ini dimaksudkan untuk mendukung komunikasi dalam kondisi *line of sight* (LOS), dan *non line of sight* (NLOS). Dengan adanya sistem NLOS, keterbatasan yang ada pada WiFi dapat dikurangi.

WiMAX memang dirancang untuk melayani baik para pengguna yang memakai antena tetap (*fixed wireless*) seperti pada gedung – gedung perkantoran, rumah tinggal, toko – toko, maupun untuk yang sering berpindah – pindah tempat (*mobile*). Perangkat WiMAX juga mempunyai ukuran kanal yang bersifat fleksibel sehingga sebuah BTS dapat melayani lebih banyak pengguna dengan *range* spektrum frekuensi yang berbeda – beda. *Range* spektrum frekuensi WiMAX termasuk lebar, didukung dengan pengaturan kanal yang fleksibel, maka para pengguna tetap dapat berkomunikasi dengan BTS selama berada dalam *range* operasi suatu BTS

WiMAX Forum menetapkan 2 band frekuensi utama pada *certification profile* untuk *Fixed* WiMAX (band 3.5 GHz dan 5.8 GHz), sementara untuk *Mobile* WiMAX ditetapkan 4 band frekuensi pada *system profile release-1*, yaitu band 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz dan 3.5 GHzm[9]. Untuk di Indonesia sendiri, penyelenggaraan jaringan WiMAX telah diselenggarakan oleh Direktorat Jendral Pos dan Telekomunikasi (Depkominfo) dimana telah dilakukan pelelangan spektrum frekuensi pada tanggal 26 Februari 2008. Adapun frekuensi kerja yang digunakan adalah 2.3 – 2.4 GHz dan 3.3 – 3.4 GHz[1]. Namun frekuensi 3.3 – 3.4 GHz masih digunakan oleh komunikasi satelit.

2.2 Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) merupakan standar terbaru dalam teknologi jaringan bergerak yang merupakan proyek dari *The Third Generation Partnership Project (3GPP)*. Generasi jaringan telekomunikasi bergerak ini merupakan generasi ke 3 (3G) yang dapat dikategorikan dalam jaringan seluler generasi keempat (4G). Seperti terlihat pada Gambar 2.2 LTE memang merupakan pengembang dari jaringan sebelumnya (GSM/W-CDMA/HSPA) yang telah diterapkan saat ini.



Gambar 2.2 Skema perkiraan standar telekomunikasi bergerak.[10]

Kebutuhan teknologi yang semakin *advanced* lah yang akhirnya menjadi dasar atas lahirnya LTE. Di tahun 2000-an, manusia masih merasa puas dengan hanya layanan *voice* dan SMS melalui *handphone*. Namun seiring dengan berkembangnya teknologi, mulai muncul kebutuhan untuk mengirimkan pesan bergambar (MMS). Semakin lama, kebutuhan akan layanan semakin bertambah, mulai dari *email*, *web browsing* hingga musik *download* dan *video streaming*. Layanan-layanan saat ini yang menjadi tantangan bagi operator-operator adalah layanan-layanan seperti *HD Video*, *Multi-user Interactive Gaming*, dan juga *High Resolution Multimedia*. Tantangan dalam arti layanan-layanan seperti ini

membutuhkan *data rate* yang sangat tinggi yang tidak dapat dipenuhi oleh teknologi yang telah diterapkan saat ini, yaitu HSPA.

Di Indonesia LTE belum diaplikasikan dikarenakan beberapa faktor antara lain regulator, operator, jaringan dan perangkat bagi pengguna yang belum terpenuhi. Dan kendala yang dihadapi Indonesia adalah ketersediaan pita frekuensi. Pada pita frekuensi, regulator atau pemerintah menjadi penentuannya dan pemerintah harus menyediakan frekuensi yang ideal agar LTE berjalan dengan optimal. Meskipun begitu 3GPP telah menjanjikan bahwa LTE bisa dioperasikan di hampir seluruh frekuensi yang distandarisi 3GPP, mulai dari 2.5/2.6 GHz, 2.3 GHz, 2.1 GHz, 1900 MHz, 1800 MHz, 1700/2100 MHz, 1500 MHz, 900 MHz, 850 MHz, 700 MHz, hingga 450 MHz [11]. Namun di beberapa negara di dunia frekuensi yang paling banyak digunakan adalah 2.6 GHz. Tabel beberapa negara dan frekuensi yang digunakan terlihat pada Tabel 2.1

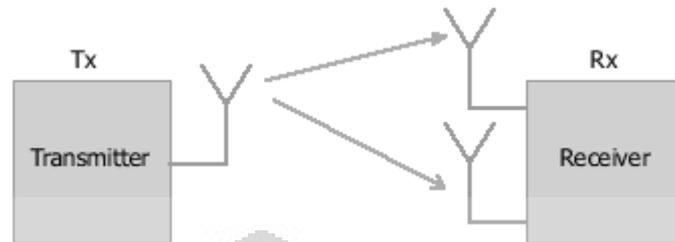
Tabel 2.1 Penggunaan spektrum LTE secara Global [12]

Verizon - USA	700 MHz	TeliaSonera - Sweden	2.6 GHz
AT&T Mobility - USA	700 MHz	Tele2 - Sweden	2.6 GHz
CenturyTel - USA	700 MHz	H3G - Sweden	2.6 GHz
Cox - USA	700 MHz	Telenor - Sweden	2.6 GHz
Aircell - USA	700 MHz	Telenor - Norway	2.6 GHz
Vodafone Germany	790 - 862 MHz	Netcom - Norway	2.6 GHz
E-Plus Germany	790 - 862 MHz	Telia Sonera - Norway	2.6 GHz
Softbank - Japan	1.5 GHz	CSL-HK	2.6GHz
KDDI - Japan	1.5 G+800 MHz	China Mobile - HK	2.6GHz
eMobile - Japan	1.7 GHz	PCCW - HK	2.6GHz
Smartone - HK	1.8GHz	T-Mobile Germany	2.6 GHz
TeliaSonera - Finland	1.8G & 2.6GHz	France Telecom	2.6GHz
Elisa - Finland	1.8G & 2.6GHz	Chung-Hwa Telecom	2.6G & 700MHz
DNA - Finland	1.8G & 2.6GHz	Movistar - Chile	2.6G + 700MHz
China Telecom - HK	2.1GHz	Entel PCS - Chile	2.6G + 700MHz
P4GI - Philippines	2.1GHz	Orange - Austria	2.6G + 800MHz
NTT Docomo - Japan	2.1 & 1.5 GHz		

2.3 Single Input Multiple Output (SIMO)

Teknologi *Single Input Multiple Output* (SIMO) digunakan untuk memanfaatkan terjadinya *multipath* bertugas untuk mengefisienkan penggunaan kapasitas. Pada antenna sistem ini mampu meningkatkan kualitas transmisi data maupun jangkauan tanpa harus memberikan tambahan *bandwidth* atau daya masukan[13]. Seperti terlihat pada Gambar 2.3 antenna sistem SIMO merupakan

jenis antenna cerdas dengan satu antenna transmit dan dua buah antenna penerima. SIMO juga dapat memilih sinyal yang lebih kuat untuk diterima dan membuang sinyal yang lebih lemah [4].



Gambar 2.3 Antena SIMO

Selain SIMO terdapat beberapa jenis teknologi lain berdasarkan jumlah antenna pengirim dan penerimanya yaitu SISO, MISO dan MIMO.

- SISO (*Single Input Single Output*)

Merupakan komunikasi wireless konvensional, dimana antenna tunggal digunakan pada pemancar, dan antenna tunggal lain digunakan pada penerima seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.

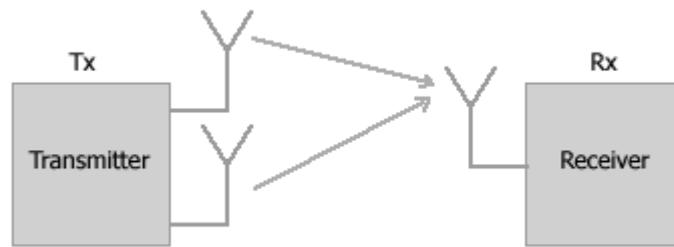


Gambar 2.4 Antena SISO

Sistem antenna ini memiliki beberapa kekurangan antara lain pemancar dengan elemen antenna tunggal mentransmisikan ke segala arah dan antenna penerima menangkap sinyal yang datang dari segala arah sehingga tidak hemat energi. Kelemahan lain dengan sistem SISO adalah mereka rentan terhadap multipath efek. Sinyal dapat terhalang oleh benda-benda seperti bukit, dinding, dll sehingga menciptakan beberapa *path* ke penerima dan menyebabkan peningkatan jumlah kesalahan yang mengakibatkan penurunan *data rate*.

- MISO (*Multiple Input Single Output*)

Dalam sistem MISO, dua atau lebih antenna digunakan pada pemancar, dan satu antenna digunakan di penerima, seperti terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Antena MISO

- MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)

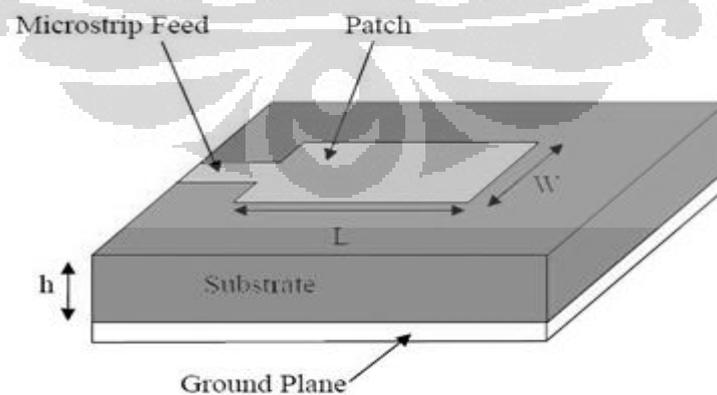
Seperti terlihat dalam Gambar 2.6 dalam sistem ini, dua atau lebih antenna digunakan pada pemancar dan dua atau lebih antenna juga digunakan pada penerima.



Gambar 2.6 Antena MIMO

2.4 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip terdiri dari 3 elemen utama yaitu lapisan konduktor (*patch*) yang berfungsi sebagai *radiator* (elemen peradiasi), bahan dielektrik (*substrate*), dan lapisan konduktor lain yang berfungsi sebagai *ground plane*.



Gambar 2.7 antena mikrostrip

a. Lapisan konduktor (*patch*)

Patch ini digunakan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara, berada di paling atas dari keseluruhan sistem antenna. *Patch* terbuat dari bahan konduktor contohnya tembaga. Bentuk *patch* bisa bermacam-macam, lingkaran, *rectangular*, segitiga, ataupun bentuk *circular ring* [14].

b. Substrat dielektrik.

Substrat dielektrik berfungsi sebagai penghantar gelombang elektromagnetik dari pencatu. Bahan dielektrik yang digunakan mempunyai ketebalan $h < \lambda$, dan memiliki harga permitivitas relatif (ϵ_r) berkisar antara 2 hingga 10. Pemilihan harga permitivitas relatif bahan dielektrik yang akan dipakai tergantung dari penggunaan antenna mikrostrip tersebut, biasanya untuk mendapatkan ukuran elemen antenna mikrostrip yang kecil digunakan harga permitivitas relatif dielektrik yang besar. Karakteristik substrat juga sangat berpengaruh pada parameter-parameter antenna.

c. *Ground plane*.

Ground plane antenna mikrostrip biasanya terbuat dari bahan konduktor, yang berfungsi sebagai reflektor dari gelombang elektromagnetik. Biasanya *Ground plane* menutupi keseluruhan bidang bagian bawah dari antenna, namun dalam perkembangannya bagian bawah dari antenna dapat dimodifikasi untuk mendapatkan karakteristik atau parameter tertentu dari sebuah antenna.

Keuntungan antenna mikrostrip dibandingkan dengan antenna yang lain adalah bentuknya yang *low profile*, mudah dan murah untuk diproduksi secara massal. Karena bentuknya yang *low profile*, antenna ini sangat mudah untuk diletakkan hampir diseluruh tempat. Namun disamping kelebihanannya itu antenna ini juga memiliki kekurangan yaitu pada gainnya yang sangat kecil, bandwidth yang kecil dan power dayanya yang hanya bisa memancarkan maksimal 100 watt.

2.4.1 Dimensi Elemen Peradiasi *Rectangular*

Salah satu elemen peradiasi yang sering digunakan dalam perancangan adalah antenna mikrostrip elemen peradiasi *rectangular*. Elemen peradiasi berbentuk *rectangular* dipilih karena bentuk yang simetri dan mudah untuk diiterasi serta diberi penambahan bentuk. Sebelum melakukan perhitungan dimensi dari antenna terlebih dahulu ditentukan frekuensi, substrate yang digunakan dan tinggi substrate. Setelah itu dapat dilakukang dengan menggunakan beberapa rumus[14], diantaranya:

Panjang W dari patch

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \quad (2.1)$$

Nilai konstanta dielektrik efektif :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right) \quad (2.2)$$

Efek medan tepi pada patch :

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (2.3)$$

Panjang patch efektif :

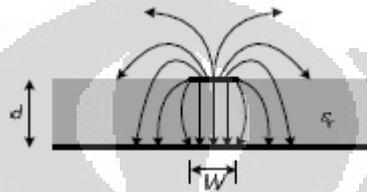
$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (2.4)$$

atau

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.5)$$

Dengan c adalah kecepatan cahaya serta f_r adalah frekuensi operasi dalam GHz. ϵ_r adalah konstanta dielektrik efektif, h adalah tinggi substrate dan ΔL merupakan perubahan panjang yang disebabkan oleh adanya *fringing effect*.

Fringing effect adalah fenomena yang terjadi dikarenakan konduktor yang ada pada saluran mikrostrip tidak bersifat *perfectly magnetic conducting* sehingga medan elektromagnetik yang timbul tidak sepenuhnya tegak lurus terhadap *patch* maupun *ground plane*[15]. *Fringing effect* ini menyebabkan sebagian medan elektromagnetik meradiasi ke udara dan sebagian lagi ke dalam substrat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8. Oleh karena itu terdapat 2 jenis dielektrik yang melingkupi saluran mikrostrip, yaitu dielektrik dengan bahan udara ($\epsilon_r=1$) dan substrat yang memiliki dielektrik $\epsilon_r>1$.



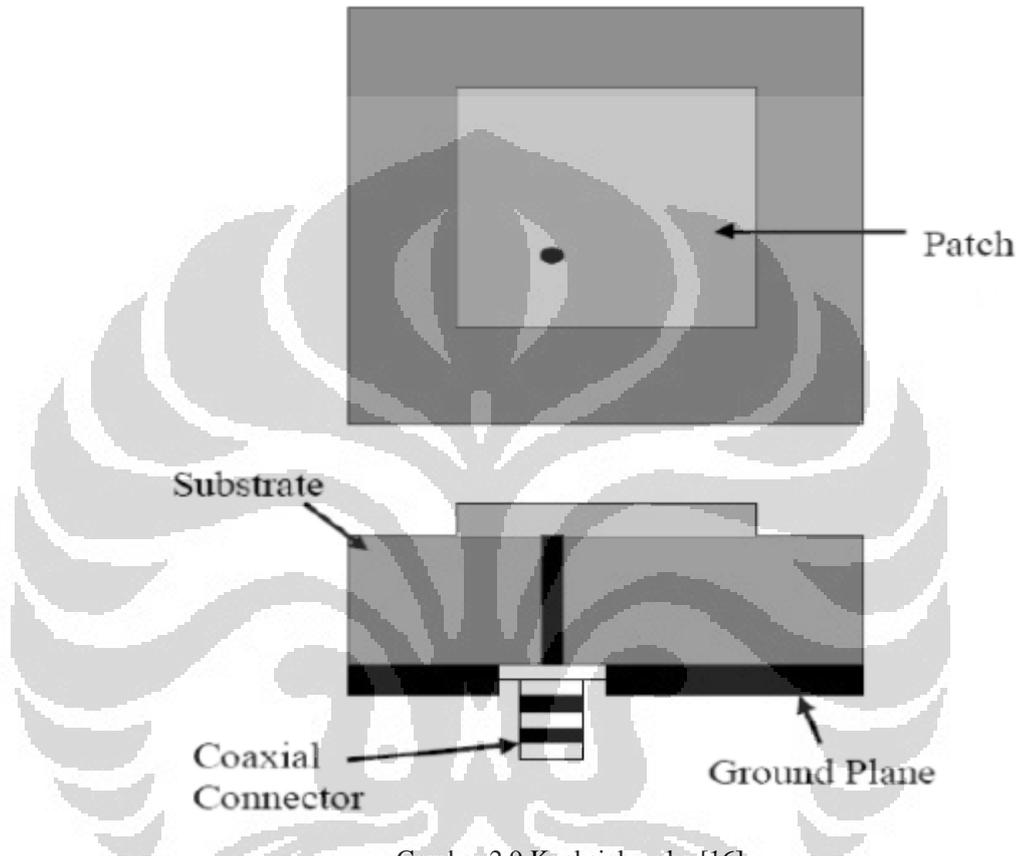
Gambar 2.8 Medan listrik pada saluran mikrostrip[15]

2.4.2 Teknik Pencatuan Antena

Teknik pencatuan antena mikrostrip dapat dilakukan secara langsung menggunakan teknik *probe* koaxial atau dengan menggunakan *microstrip line*. Pencatuan langsung merupakan teknik pencatuan dimana saluran pencatuan memberikan catu langsung kepada elemen peradiasi. Sebaliknya pencatuan tidak langsung memberikan catu daya kepada antena secara tidak langsung dimana pencatuan tidak terkena langsung dengan elemen peradiasi. Pencatuan secara tidak langsung yaitu dengan menggunakan kopling elektromagnetik atau kopling *aperture* dan *coplanar waveguide feed*, dimana tidak ada kontak *metallic* langsung antara *feed line* dan *patch*. teknik pencatuan mempengaruhi impedansi input dan karakteristik antena. Semua teknik pencatuan memiliki kelebihan dan kekurangan.

Pada teknik pencatuan *probe* koaxial (Gambar 2.9), konduktor pusat dari konektor koaxial langsung dihubungkan dengan *patch* antena lalu disolder. Keuntungan teknik ini adalah penempatan konektor bisa dimana saja pada *patch* untuk menghasilkan impedansi beban dalam hal ini antena yang match dengan impedansi input konektor sehingga tidak perlu lagi rangkaian penyepadan. Selain itu, karena kabel koaxial dihubungkan langsung dengan *patch* maka kopling

catuan dengan *patch* bisa diminimalisasi. Akan tetapi akibat dilakukannya pelubangan terhadap *patch*, struktur antenna tidak planar lagi dan juga tingkat keakuratan penentuan titik catu sangat tinggi sehingga sulit ditentukan. Pada substrat yang tipis teknik pencatuan ini akan menghasilkan impedansi input yang lebih induktif.



Gambar 2.9 Koaksial probe [16]

Pada teknik pencatuan *microstrip line* mempunyai karakteristik dapat di-*etching*-kan pada substrat yang sama sehingga struktur antenna sepenuhnya planar, seperti terlihat pada Gambar 2.10. Akan tetapi membutuhkan rangkaian penyepadan dalam menyepadankan impedansi input dengan impedansi antenna dan akan terdapat kopling antara *strip line* dan *patch*-nya. Teknik ini termasuk teknik yang paling sering digunakan mengingat proses fabrikasi yang dilakukan cukup mudah. Namun demikian, seringkali terjadi peningkatan radiasi gelombang yang tidak diinginkan. Lebar saluran mikrostrip (W) tergantung dari impedansi karakteristik (Z_0) yang diinginkan. Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan oleh persamaan di di bawah ini. [17]

Untuk $w/h > 2$

$$\frac{w}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ (B - 1) - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.6)$$

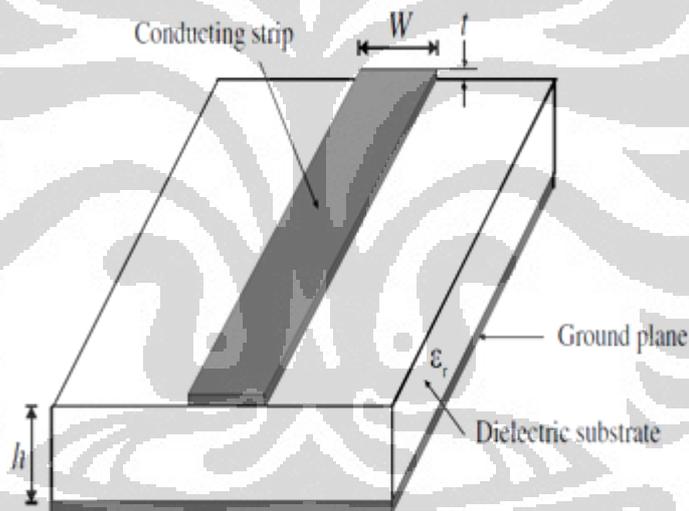
Untuk $w/h < 2$

$$\frac{w}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (2.7)$$

Dengan ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif dan [9]:

$$A = \frac{Z_0}{60} \left\{ \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right\}^{1/2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left\{ 0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right\} \quad (2.8)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.9)$$



Gambar 2.10 Pencatuan transmission line[16]

2.5 Teknik Dualband Frekuensi

Untuk mendapatkan antenna yang dapat beresonansi lebih dari satu frekuensi diperlukan berbagai cara. Secara umum ada tiga cara untuk menghasilkan antenna *dualband* frekuensi[18]. Antara lain :

- *Orthogonal Mode Dual Frequency Patch Antennas.*

Orthogonal Mode Dual Frequency Patch Antennas adalah suatu teknik dualband frekuensi dengan cara mencatu satu antena mikrostrip oleh dua mode dominan yang tegak lurus satu dengan yang lainnya. Teknik ini akan menghasilkan dua buah frekuensi yang mempunyai polarisasi *orthogonal*. Caranya adalah dengan menggunakan teknik pencatuan *probe* yang diletakkan pada sebuah *patch* sedemikian rupa sehingga pada posisi tersebut mematchingkan dua buah frekuensi. Cara lainnya adalah dengan menggunakan teknik pencatuan *line* dengan memberikan *slot* yang arahnya condong ke arah pencatu sehingga menghasilkan lebih dari satu frekuensi.

- *Multi Patch Dual Frequency*

Multi Patch Dual Frequency adalah teknik *dualband* frekuensi dengan cara mempergunakan lebih dari satu elemen antena dimana masing – masing elemen memiliki frekuensi resonansi yang berbeda. Cara yang dilakukan dapat dengan menyusun secara menumpuk setiap *patch* yang menghasilkan frekuensi resonansi yang berbeda – beda. Cara lainnya adalah dengan menyusun *patch* antena pada satu lapisan substrat.

- *Reactively Loaded Dual Frequency Patch Antennas*

Reactively Loaded Dual Frequency Patch Antennas adalah teknik dualfrekuensi dengan cara memberikan beban reaktif tambahan secara keseluruhan pada sebuah antena sehingga antena tersebut akan beresonansi pada dua frekuensi yang berbeda. Beban disini dapat berupa stub, slot, pin, ataupun kapasitor.

2.6 Parameter Antena

Parameter merupakan *performance* dari sebuah antena. Dalam merancang antena diperlukan parameter – parameter sebagai standar untuk menentukan apakah antena tersebut telah sesuai dengan yang diinginkan atau dibutuhkan. Parameter – parameter tersebut antara lain adalah:

2.6.1 Impedansi input (Z_{in})

Impedansi *input* (Z_{in}) adalah impedansi pada terminal input antenna atau perbandingan antara tegangan dengan arus pada terminal atau perbandingan komponen-komponen bersesuaian dari medan elektrik terhadap medan magnetik pada sebuah titik. Impedansi masukan terdiri dari komponen *real* (R_{in}) dan komponen imajiner (X_{in}). Impedansi masukan dituliskan sebagai berikut [17]:

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \quad (2.10)$$

Dimana: Z_{in} = impedansi antenna
 R_{in} = resistansi antenna
 X_{in} = reaktansi antenna

Kondisi *matching* terjadi ketika besar impedansi *input* antenna sama dengan besar impedansi karakteristik saluran transmisi. Impedansi input penting untuk mencapai keadaan *matching* pada saat antenna dihubungkan dengan sumber tegangan, sehingga semua sinyal yang dikirim ke antenna akan terpancarkan.

2.6.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) [19] :

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.11)$$

Di mana Z_L adalah impedansi beban (*load*) dan Z_0 adalah impedansi saluran *lossless*.

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. VSWR tersebut juga memiliki korelasi dengan koefisien refleksi. Hal ini dapat dilihat pada persamaan untuk memperoleh VSWR, yakni [14]

Rumus untuk mencari nilai VSWR adalah :

$$VSWR = \frac{V_{o^+}}{V_{o^-}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.12)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan.

2.6.3 Return Loss

Return loss merupakan koefisien refleksi dalam bentuk logaritmik yang menunjukkan daya yang hilang karena antena dan saluran transmisi tidak *matching*. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Sehingga tidak semua daya diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan balik. *Return loss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [14]:

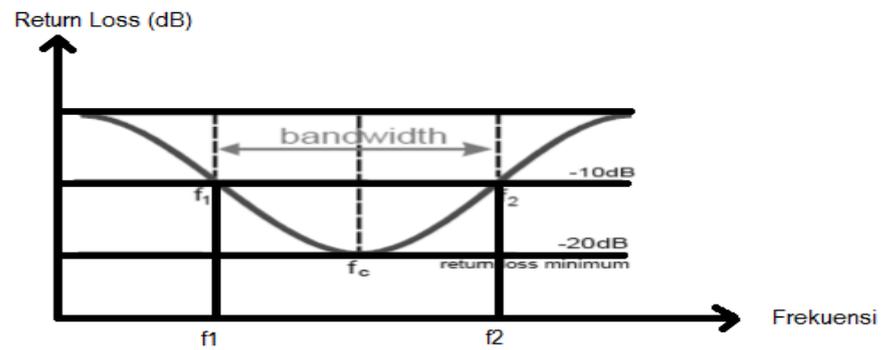
$$Return Loss = 20 \log |\Gamma| \quad (2.13)$$

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (2.14)$$

Apabila nilai VSWR < 2, maka dengan menggunakan persamaan diatas akan didapatkan nilai *return loss*nya lebih kecil dari 10 dB.

2.6.4 Bandwidth

Bandwidth antena didefinisikan sebagai interval frekuensi, dimana antena itu bekerja sesuai dengan yang ditetapkan oleh spesifikasi tertentu. *Bandwidth* biasanya dihitung dari titik perpotongan *return loss* pada 10 dB. Contohnya dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Bandwidth[15]

Bandwidth (BW) antenna ditulis dalam bentuk persentase *bandwidth* karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi dan dapat dirumuskan sebagai berikut[17] :

$$BW = \frac{f_h - f_l}{f_c} \times 100 \% \quad (2.15)$$

dengan: f_h = frekuensi tertinggi dalam *band* (GHz)

f_l = frekuensi terbaik dalam *band* (GHz)

f_c = frekuensi tengah dalam *band* (GHz),

$$f_c = \frac{f_h + f_l}{2} \quad (2.16)$$

2.7.5 Direktivitas

Direktivitas mempresentasikan ‘pengarahan’ antenna, merupakan perbandingan (rasio) intensitas radiasi maksimum sebuah antenna pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada semua arah. Direktivitas dapat dirumuskan dengan [17] :

$$D = \frac{U_m}{U_o} = \frac{4\pi U_m}{4\pi U_o} = \frac{4\pi U_m}{P_{rad}} = \frac{E_m^2}{E_o^2} \quad (2.17)$$

Dimana :

D = Direktivitas

U_m = Intensitas radiasi maksimum (W/unit solid angle)

U_o = Intensitas radiasi rata-rata (W/unit solid angle)

Prad = Daya yang diradiasikan (Watt)

Em = Energi radiasi maksimum

Eo = Energi radiasi rata-rata

2.7.6 Gain

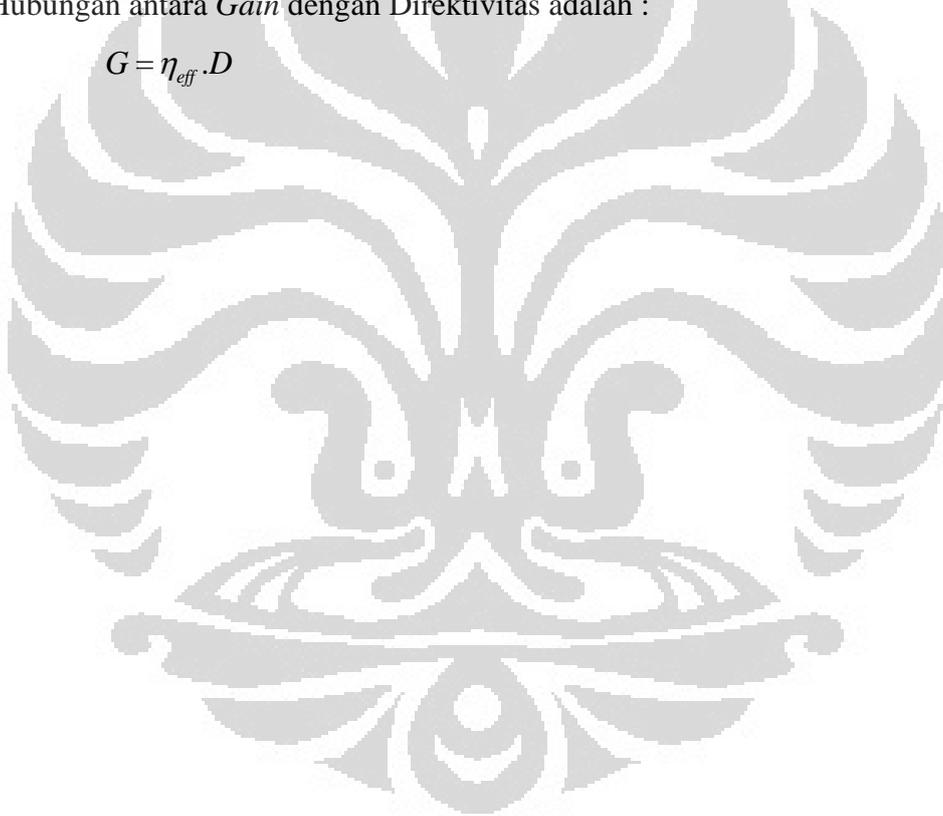
Gain merupakan perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antena dengan intensitas radiasi maksimum antena referensi yang daya inputnya sama.

Hal ini dapat dituliskan dengan rumus [17] :

$$G = \frac{U_m}{U_{mr}} = \frac{\text{intensitas radiasi maks suatu antena}}{\text{intensitas radiasi maks antena referensi dengan daya input sama}} \quad (2.18)$$

Hubungan antara *Gain* dengan Direktivitas adalah :

$$G = \eta_{eff} \cdot D \quad (2.19)$$



BAB 3

PERANCANGAN ANTENA DAN SIMULASI

3.1 Penentuan Spesifikasi Antena

Penentuan spesifikasi antena merupakan tahap awal dari merancang suatu antena. Karakteristik-karakteristik yang perlu ditentukan adalah frekuensi kerja, *bandwidth*, *return loss* / *VSWR* dan *gain*. Dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Frekuensi kerja : *dualband* 2.3 – 2.4 GHz dan 2.6 – 2.7 GHz
2. Impedansi terminal : 50 Ω koaksial konektor SMA
3. *Impedance Bandwidth* : 100 MHz
4. *VSWR* : < 1,9
5. *Gain* : Maksimum 15 dBi

Selain spesifikasi ini, hal lain yang harus diperhatikan adalah jenis *substrate* yang akan digunakan, tinggi *substrate*, model elemen peradiasi, dan model pencatu. Panjang dan lebar elemen peradiasi dan lebar pencatu dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya dengan frekuensi kerja sesuai karakteristik diatas.

3.2 Perlengkapan Yang Digunakan

Pada perancangan dan pengukuran antena, diperlukan berbagai macam peralatan yang digunakan baik berupa perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Perangkat keras digunakan untuk fabrikasi dan pengukuran antena, sedangkan perangkat lunak digunakan untuk melakukan simulasi dan untuk mengetahui karakteristik atau kinerja antena yang dirancang. Berikut ini adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran, yaitu:

Perangkat keras yang digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip antara lain:

1. Substrat dielektrik FR4-*Epoxy*, sebagai substrat antenna.
2. *Network Analyzer* Agilent N5230 (300kHz-13,5 GHz), alat ini digunakan untuk pengukuran parameter *port* tunggal (*return loss*, VSWR, impedansi masukan) dan parameter *mutual coupling*.
3. *Connector SMA* 50 ohm.
4. Terminator 50 ohm
5. Kabel *Coaxial* 50 ohm RJ-55/U Fujikura, digunakan untuk kabel penghubung antara port NA dengan antenna pada pengukuran pola radiasi dan *gain*.
6. Antena horn dan dipole yang digunakan untuk pengukuran pola radiasi dan *gain*.

Adapun perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu :

1. *CST Microwave Studio 2011*

Perangkat lunak ini digunakan untuk merancang dan mensimulasikan antenna yang akan dibuat serta menentukan lebar saluran mikrostrip dan impedansi karakteristik. Setelah simulasi ini akan diperoleh beberapa karakteristik antenna seperti frekuensi kerja, *bandwidth*, impedansi input, *return Loss*, VSWR, dan pola radiasi.

2. *Microsoft Office Visio 2007*

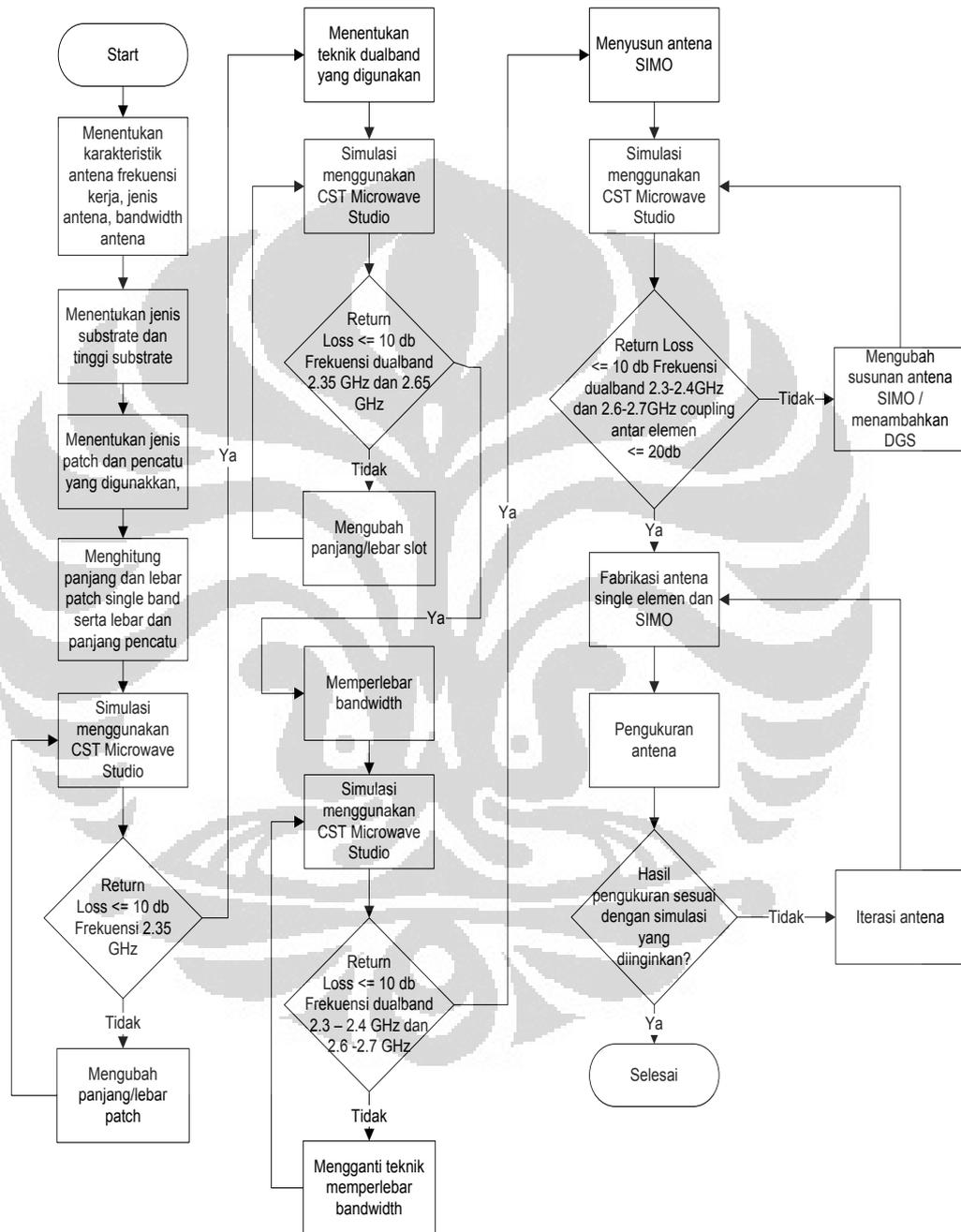
Perangkat lunak ini digunakan untuk melakukan visualisasi desain perancangan sehingga dapat difabrikasi.

3. *Microsoft Office Excel 2007*

Perangkat lunak ini digunakan untuk mengolah data dengan persamaan matematis.

3.3 Diagram Alir Perancangan Antena

Dalam merancang antenna diperlukan tahapan-tahapan yang sistematis untuk membantu dalam proses perancangan. Gambar 3.1 merupakan gambar diagram alir dari perancangan antenna



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Antena

3.4 Perancangan Antena *Singleband*

Sebelum melakukan perancangan terlebih dahulu menentukan jenis *substrate* dan tinggi *substrate* yang digunakan. Ada pun jenis *substrate* yang digunakan pada skripsi ini adalah *epoxy* FR4 dengan spesifikasi tertera pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Substrate FR4

Jenis Substrate	FR4
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4.3
Loss Tangen	0.02
Ketebalan Substrate	1.6 mm

Setelah menentukan *substrate* yang digunakan hal lain yang harus ditentukan adalah jenis elemen peradiasi. Dimana dalam skripsi ini elemen peradiasi yang akan digunakan adalah yang berbentuk *rectangular* dengan frekuensi resonansi 2.35. Setelah menentukan jenis elemen peradiasi dan frekuensi resonansi dengan menggunakan rumus 2.1 – 2.5 kita dapat menghitung lebar dan panjang elemen peradiasi, hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil perhitungan patch antenna

W	38.85 mm
ϵ_{reff}	40.924
ΔL	0.734 mm
L	30.08 mm

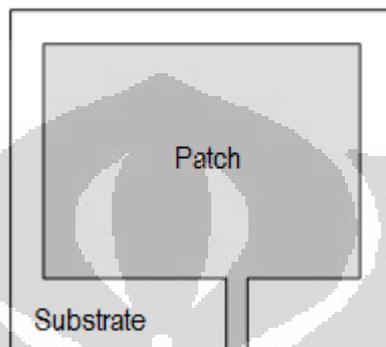
Untuk pencatu digunakanlah teknik mencatu *microstrip line* dimana lebar pencatu bisa didapatkan dengan menggunakan rumus 2.6 – 2.8 Berikut perhitungan lebar pencatu *microstrip line*

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \\
 &= \frac{50}{60} \sqrt{\frac{4.3+1}{2}} + \frac{4.3-1}{4.3+1} \left(0.23 + \frac{0.11}{4.3} \right) = 1.515704 \\
 \frac{W}{h} &= \frac{8e^A}{e^{2A}-2} = \frac{8e^{1.515704}}{e^{2(1.515704)}-2} = 1.94
 \end{aligned}$$

Karena $W/h < 2$ maka persamaan 2.7 dan 2.8 dapat digunakan dengan ketebalan (h) = 1.6 mm, maka lebar saluran pencatu adalah

$$W = \frac{W}{h} * h = 1.94 * 1.6 = 3.1 \text{ mm}$$

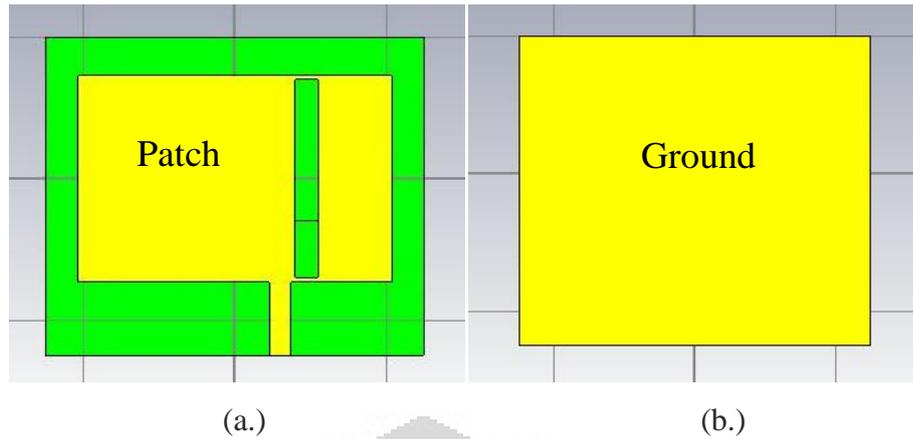
Setelah didapatkan hasil perhitungan tersebut maka dibuatlah desain antenna seperti Gambar 3.1



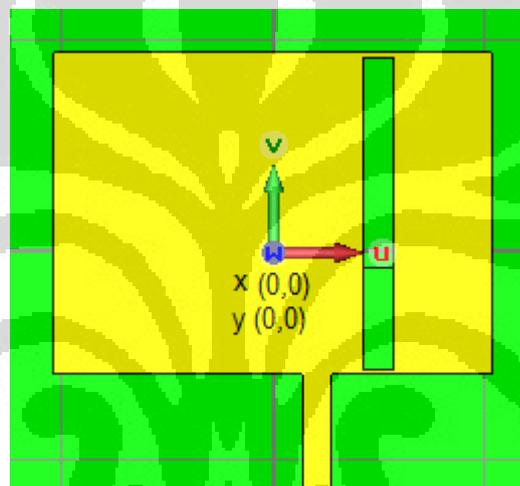
Gambar 3.2 Desain antenna *singleband*

3.5 Perancangan Antena *Dualband*

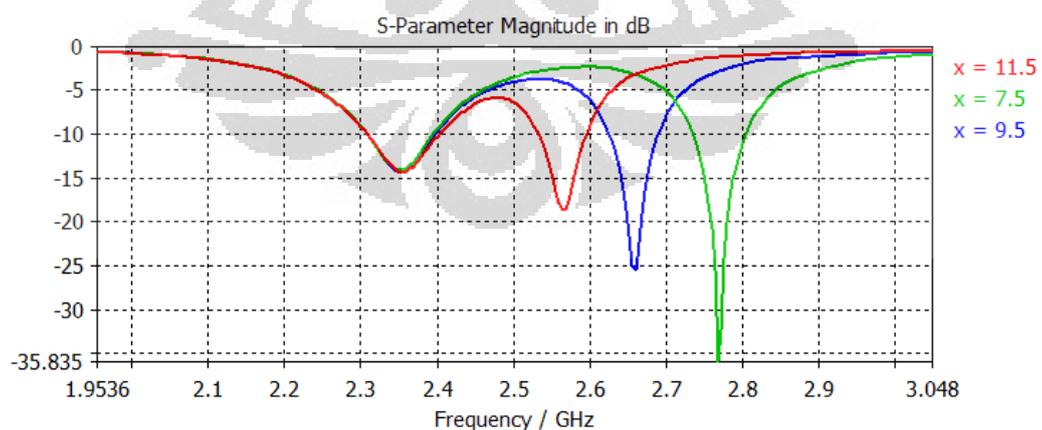
Salah satu teknik yang digunakan untuk membuat antenna *singleband* adalah dengan memberikan *slot* /celah pada *patch* antenna[17]. Gambar 3.3 adalah gambar antenna yang terlihat dari sisi depan dan belakang. Untuk mendapatkan frekuensi *dualband* yang diinginkan hal pertama yang dilakukan adalah menggeser celah pada patch ke arah kanan. Titik x dan y berada pada koordinat (0,0) pada sumbu u dan v , seperti terlihat pada Gambar 3.4. Iterasi dilakukan dengan menggeser titik x , dimana x terletak pada sumbu u . Iterasi dilakukan dari $x = 5$ sampai $x = 11.5$, ternyata frekuensi *dualband* yang berubah hanya pada bagian sebelah kanan saja yaitu pada bagian 2.6 – 2.7 GHz, yang sebelah kiri pada daerah sekitar 2.3 - 2.4GHz tetap. Perubahan pada grafik dapat dilihat pada Gambar 3.5, dimana pada gambar tersebut x yang diambil hanya pada saat $x = 7.5, 9.5$ dan 11.5 . Semakin jauh jarak x maka frekuensinya akan semakin kecil.



Gambar 3.3 Tampak atas (a.) *Patch* antenna (b.) *ground* antenna



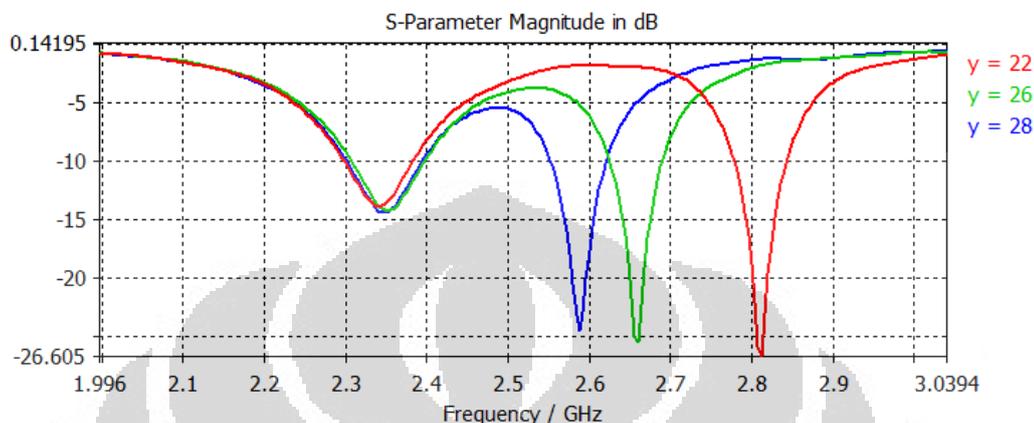
Gambar 3.4 Letak titik x dan y pada sumbu u,v



Gambar 3.5 S-parameter saat celah digeser kiri dan kanan

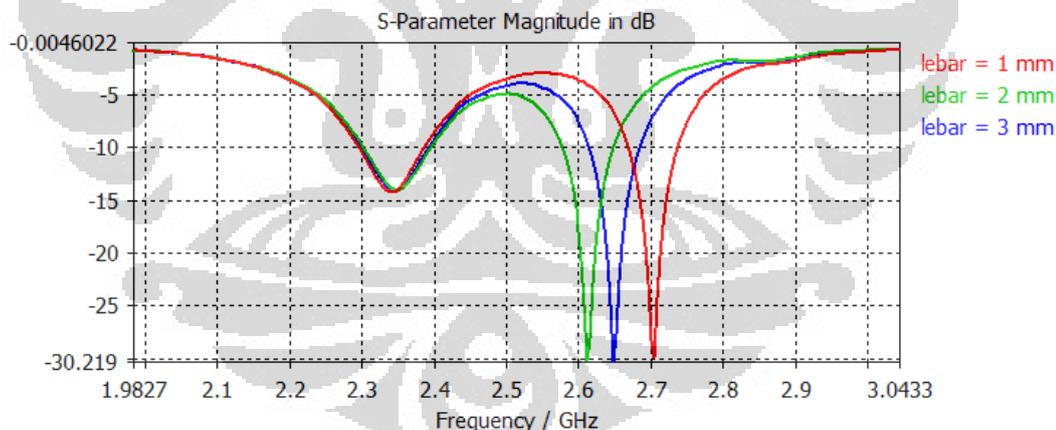
Ketika celah tersebut digeser ke arah sumbu v sejauh y frekuensinya pun ikut berubah. Pada awalnya panjang celah $y = 20\text{mm}$, kemudian dilakukan iterasi

dari 20 mm sampai 28 mm. Ternyata *return loss* yang dihasilkan pada frekuensi 2.3-2.4GHz semakin baik, namun pada frek 2.6-2.7GHz kembali bergeser. Gambar pergeseran frekuensi dapat dilihat pada Gambar 3.6, semakin panjang celah maka frekuensinya akan semakin kecil.



Gambar 3.6 S-parameter saat celah digeser ke atas dan ke bawah

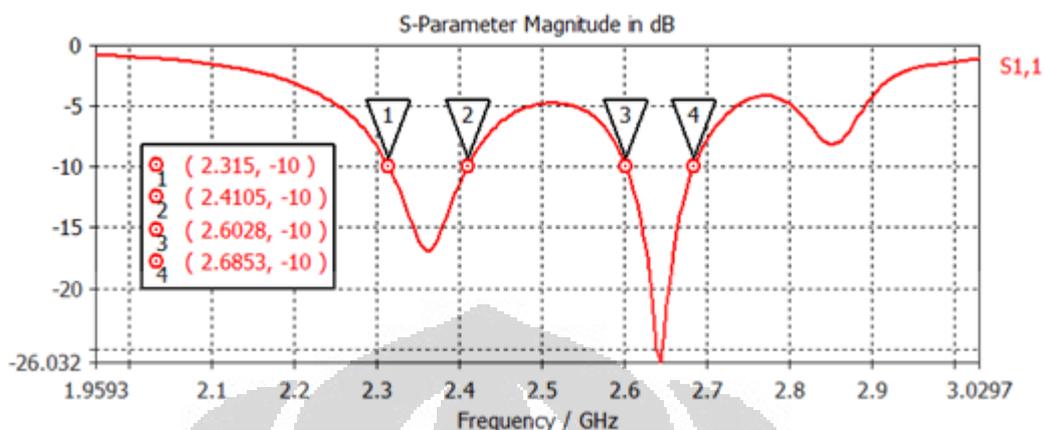
Lebar dari celah pun sangat mempengaruhi frekuensi dari antenna *patch* semakin besar lebar celah maka frekuensi 2.6 – 2.7 GHz akan semakin mengecil atau bergeser kekiri. Grafiknya dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 S-parameter saat celah dilebarkan

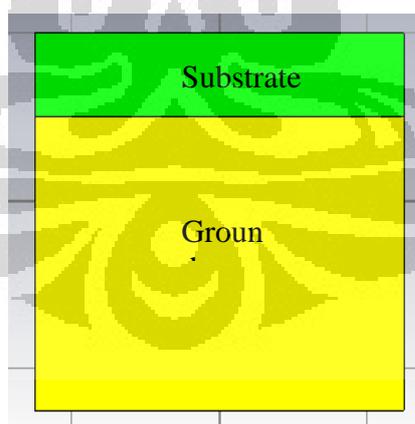
Setelah dilakukan beberapa kali iterasi didapatkan frekuensi sesuai dengan yang diinginkan yaitu 2.3-2.4GHz dan 2.6-2.7GHz, terlihat pada Gambar 3.8. Hasil ini pun masih memiliki kekurangan yaitu pada *bandwidth* dari antenanya. Pada saat *return loss* = 10dB *bandwidth*nya pada frekuensi 2.3 – 2.4 GHz yaitu 95MHz sedangkan untuk frekuensi 2.6 – 2.7 GHz hanya sekitar 82 MHz. Untuk

memperbaiki kekurangan pada bagian bandwidth dilakukan dengan cara merubah bagian *groundnya*.



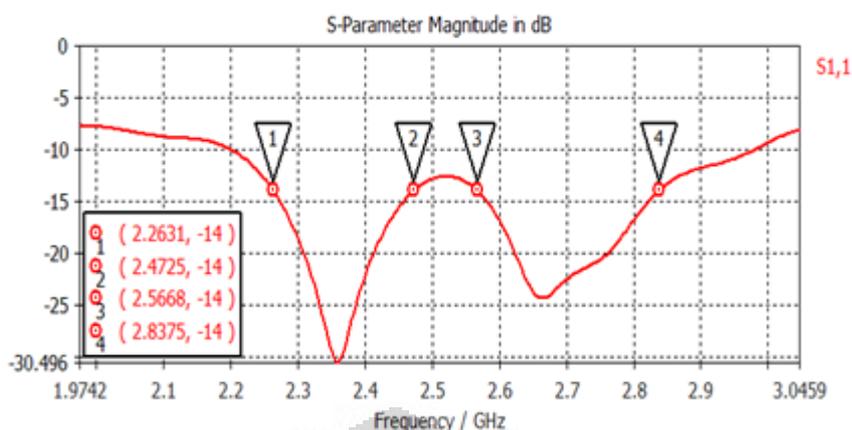
Gambar 3.8 S-parameter setelah diiterasi

Cara yang dilakukan untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar adalah dengan menggunakan teknik *partial ground plane* [20]. Cara pertama memperbaiki *bandwidth* dengan teknik *partial ground plane* adalah dengan mengurangi *ground* sedikit demi sedikit dari bagian atas, seperti pada gambar 3.9. Tetapi hasil yang didapatkan justru antenna tersebut menjadi antenna singleband dan pada bagian tertentu saat *groundnya* diturunkan frekuensinya bergeser dan *bandwidthnya* pun menjadi kecil.



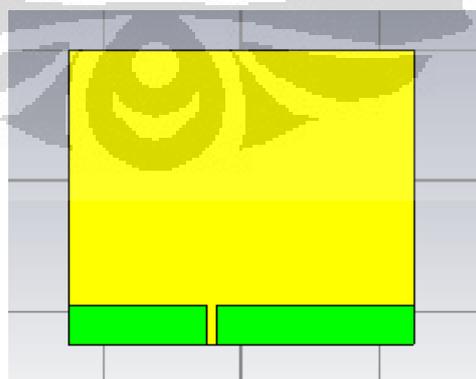
Gambar 3.9 Menggeser *ground* dari atas ke bawah

Cara kedua dengan menaikkan *ground* dari bawah keatas didapatkan hasil sesuai dengan yang diinginkan bahkan pada saat dinaikkan sampai 6mm didapatkan *bandwith* saat *return lossnya* 14dB pada frekuensi pertama 209MHz dan frekuensi kedua 270MHz hasilnya dapat dilihat pada grafik pada Gambar 3.10

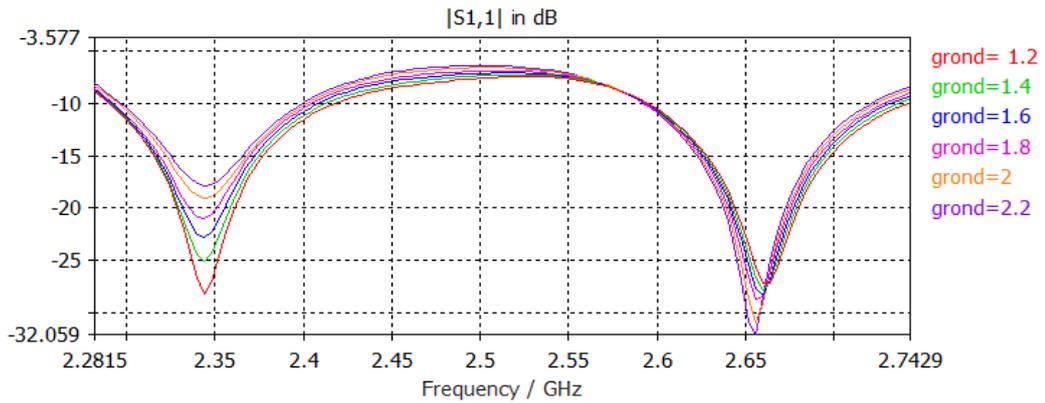
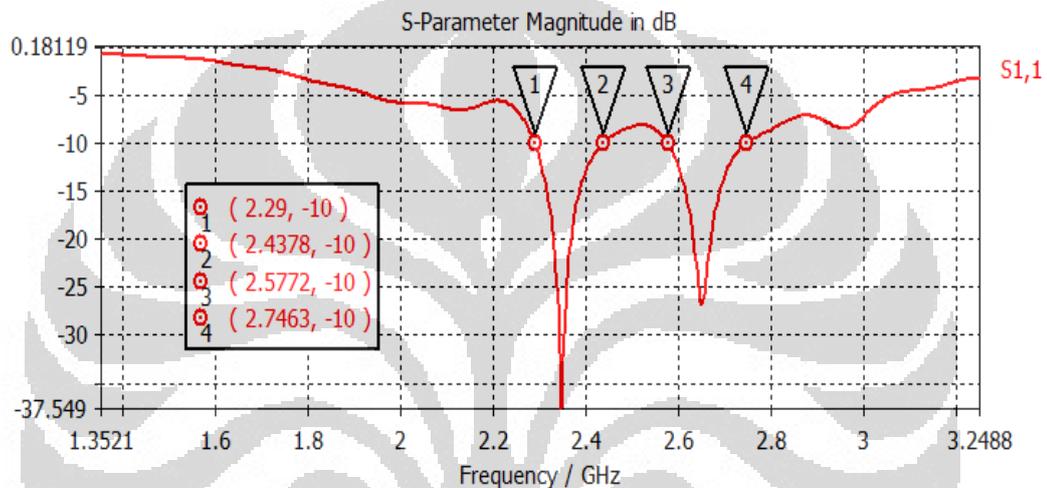


Gambar 3.10 Grafik saat *ground* dinaikkan 6 mm

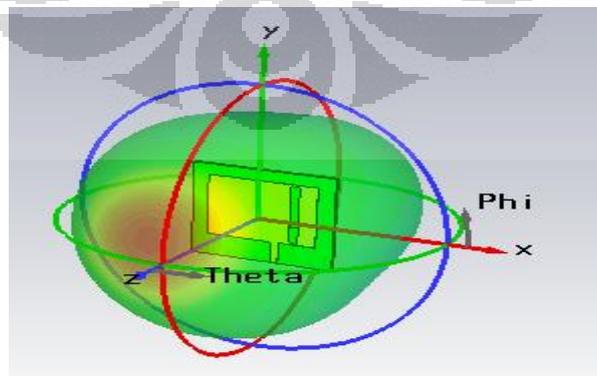
Namun kekurangan dari desain ini adalah saat akan diberikan konektor SMA *ground*nya tidak dapat terhubung langsung dengan SMA. Karena dari itu maka dibuatlah *line* yang digunakan untuk menghubungkan antara konektor SMA dengan *ground*. *Line* terletak berhimpit dengan pencatu dari antenna, ini dimaksudkan agar SMA dengan *ground* dapat langsung dihubungkan, terlihat pada Gambar 3.11. Semakin kecil besar *line* maka *bandwidth* akan semakin lebar. Perubahan lebar *bandwidth* dapat dilihat pada Gambar 3.12. Namun karena dibutuhkan sambungan yang kuat antara *ground* dengan SMA dan *bandwidth* yang cukup lebar maka lebar *line* dibuat menjadi 1.6 mm. Sehingga didapatkan *bandwidth* 147 MHz pada frekuensi 2.3 – 2.4 GHz dan 169 MHz pada frekuensi 2.6 – 2.7 GHz. Grafik dapat dilihat pada Gambar 3.12.



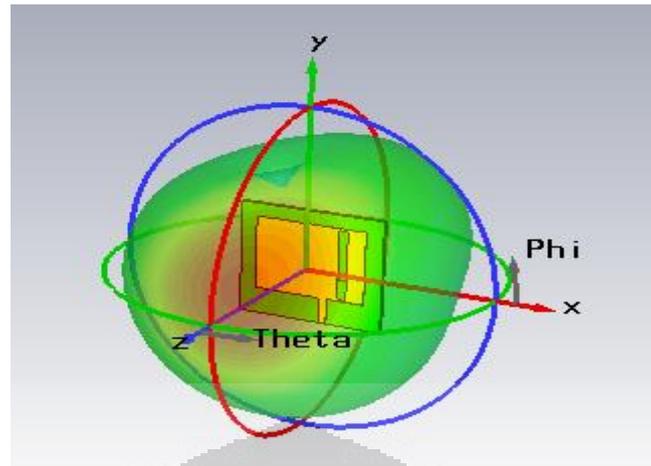
Gambar 3.11 Letak *line* pada *ground*

Gambar 3.12 Hasil iterasi *line* pada *ground*Gambar 3.13 S-parameter *line* 1.6 mm

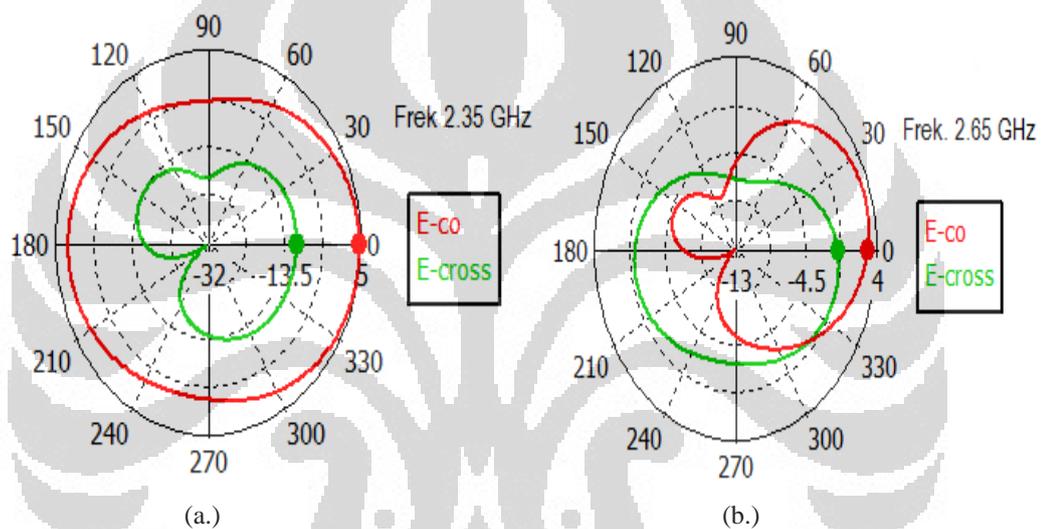
Gambar 3.14 menggambarkan pola radiasi 3D antenna pada frekuensi 2.35 GHz dan dan Gambar 3.15 menggambarkan pola radiasi 3D antenna pada 2.65 GHz. Gambar pola radiasi E-co dan E-cross pada frek. 2.35 dan 2.65 GHz digambarkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.14 Pola radiasi 3D pada frekuensi 2.35 GHz



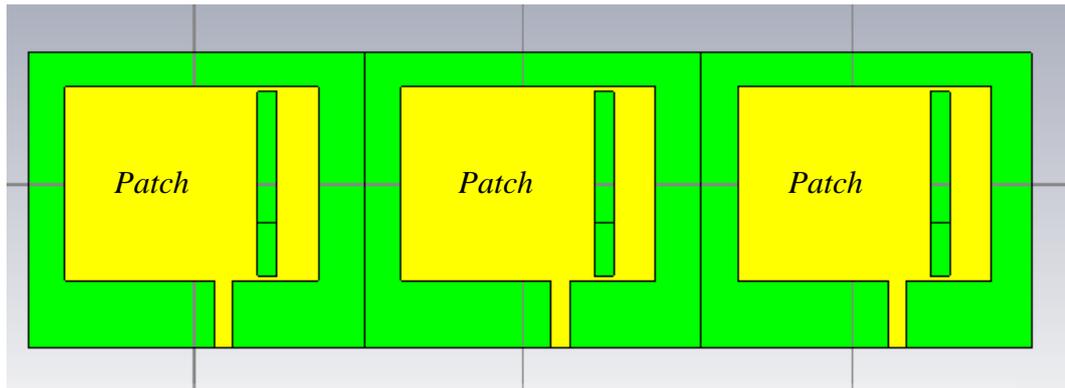
Gambar 3.15 Pola radiasi 3D pada frekuensi 2.65 GHz



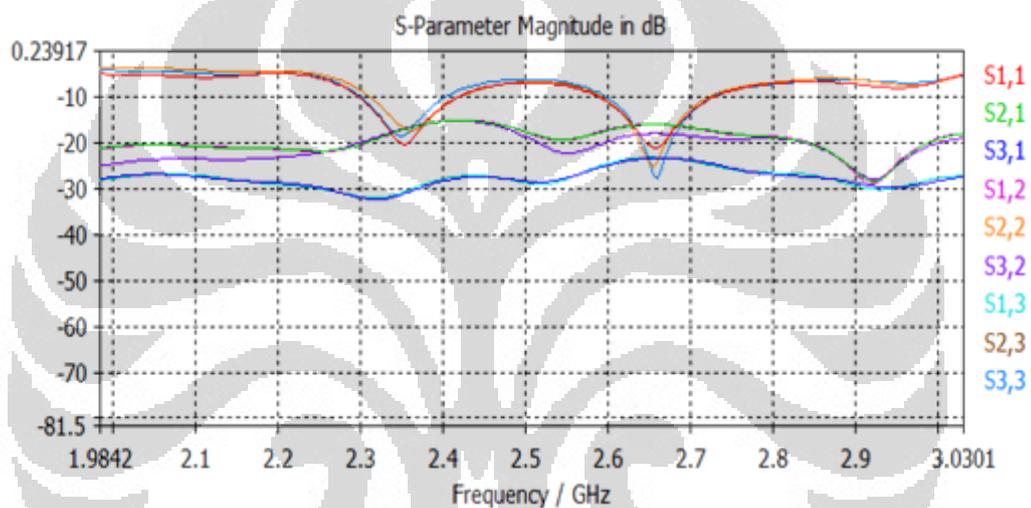
Gambar 3.16 Pola radiasi E-co dan E-cross pada frekuensi (a.) 2.35 GHz (b.) 2.65 GHz

3.6 Perancangan Antena SIMO

Setelah didapatkan *bandwidth* sesuai dengan yang diinginkan antenna *patch* ini kemudian di SIMO 1x2 secara berjejer kesamping. Namun hasil yang didapatkan masih terdapat *mutual coupling* di antara *patch* 2 dengan *patch* 1 dan *patch* 3 nya. Dimana *patch* 1 berada disebelah kiri *patch* 2 ditengah dan *patch* 3 berada disebelah kanan. *Mutual coupling* ini terjadi diakibatkan oleh pengaruh medan dari antenna bersebelahan yang tidak sama satu sama lain. Pengaruh yang berbeda inilah yang menyebabkan perubahan kinerja dari antenna. Gambar 3.17 adalah gambar dari desain antenna SIMO dan Gambar 3.18 adalah hasil yang didapatkan.

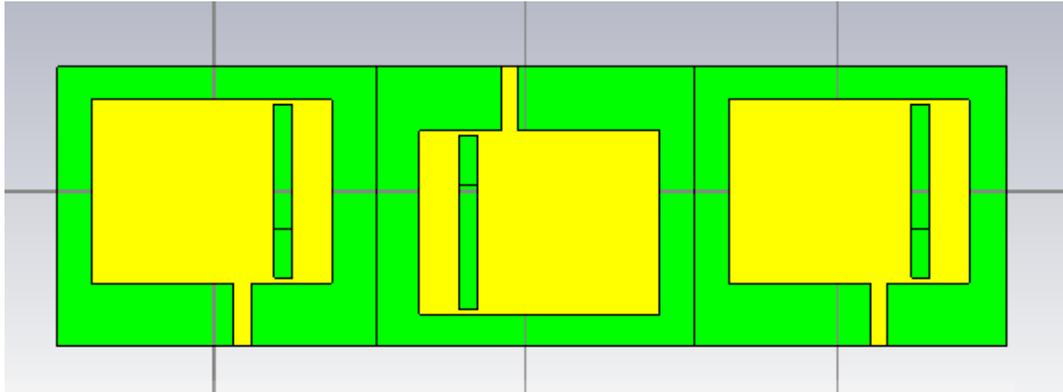


Gambar 3.17 Gambar antenna SIMO 1x2 sejajar

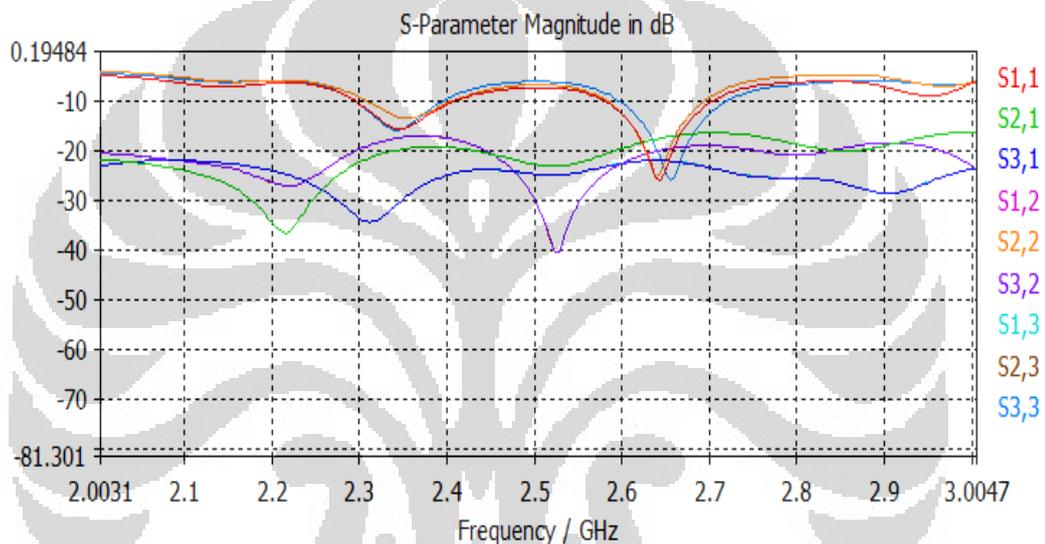


Gambar 3.18 S-parameter SIMO sejajar

Mutual coupling dilihat pada S2,1, S3,1, S2,3 dan seterusnya *mutual coupling* yang bagus seharusnya berada dibawah -20dB. Hasil ini pun didapat setelah dijauhkan jaraknya antara antenna yang satu dengan yang lain sejauh $\lambda/2$ setelah lebih dijauhkan hasilnya pun masih terdapat *mutual coupling* yang nilainya lebih besar dari -20dB. Kemudian dibuatlah desain kedua dengan memindahkan transmission linanya atas dan bawah (Gambar 3.19). Namun tetap tidak didapatkan hasil yang lebih baik. Nilai *mutual coupling* masih tinggi bahkan *return loss*nya lebih kecil dibandingkan desain pertama (Gambar 3.20).



Gambar 3.19 Desain SIMO dengan *transmission line* ke atas dan kebawah.

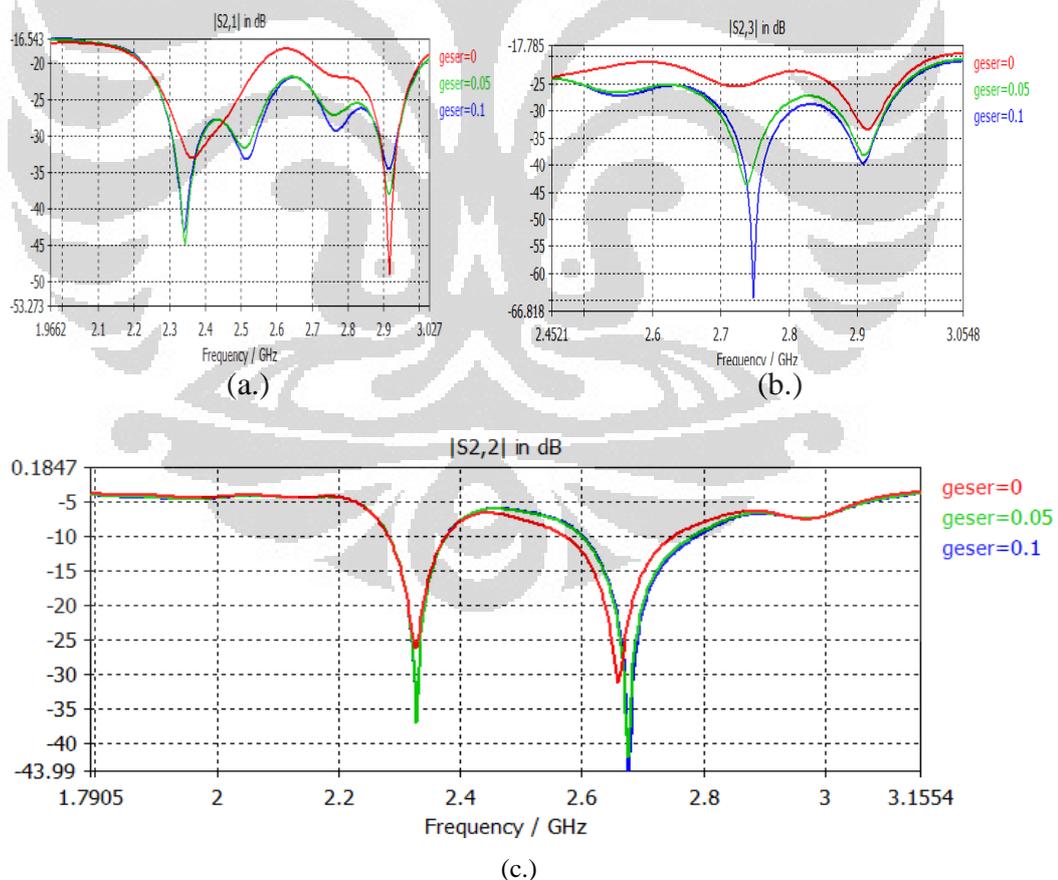


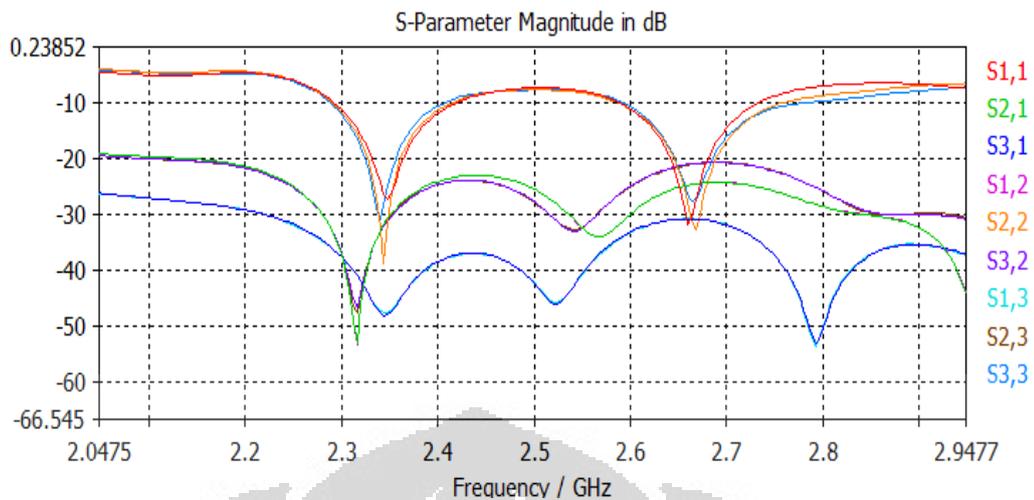
Gambar 3.20 S-parameter SIMO desain kedua

Setelah dilakukan beberapa kali perubahan jarak namun tidak mendapatkan hasil, dengan membaca beberapa literatur didapatkan cara untuk *reduce mutual coupling* yaitu dengan teknik DGS [21], yaitu dengan menyisipkan *slot* diantara *patch* pada bagian *ground*, seperti yang terlihat pada Gambar 3.21. Celah ini dapat membuat gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh *ground* tidak memancarkan ke sebelahnya atau terlihat seperti satu antenna saja. Semakin besar celah yang diberikan *mutual coupling*nya akan semakin bagus. Namun frekuensi pada S11, S22 dan S33 juga akan ikut bergeser.

Gambar 3.21 *Ground* setelah diberi celah

Desain awal diberikan celah sebesar 0.5mm dengan lebar dari -0.25 sampai 0.25 kemudian digeser ke kiri dan kekanan sejauh 0.05 hingga besar celahnya menjadi 0.6 dan 0.7. Didapatkan hasil S_{12} , S_{23} dan S_{22} nya seperti Gambar 3.22. Ternyata nilai S_{11} , S_{21} , S_{31} , S_{23} , S_{22} , dan S_{33} terbaiknya pada saat lebar celahnya sebesar 0.6 mm. Gambar grafiknya dapat dilihat pada Gambar 3.23

Gambar 3.22 Hasil simulasi return loss SIMO (a.) S_{12} (b.) S_{23} (c.) S_{22}



Gambar 3.23 S-Parameter setelah diberikan celah 0.6 mm

Untuk konfigurasi antena pemancar dan penerimanya, karena ini merupakan antena SIMO yang memiliki satu pemancar dan dua penerima maka dipilihlah antena yang berada ditengah sebagai pemancar serta dikiri dan kanannya sebagai antena penerima ini dimaksudkan untuk mereduksi efek *mutual coupling* yang terjadi disekitarnya. Selanjutnya, rancangan antena yang telah memenuhi semua parameter yang dituju ini akan difabrikasi. Hasil fabrikasi antena akan diukur dan kemudian dianalisis.

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

Setelah sebelumnya didapatkan rancangan dari antena mikrostrip *dualband* SIMO. Langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah proses fabrikasi. Fabrikasi ini dilakukan untuk menganalisa apakah rancangan sebelumnya telah sesuai dengan yang diinginkan. Setelah antena difabrikasi kemudian antena tersebut diukur untuk mendapatkan parameter – parameter tertentu. Hasil pengukuran antena yang didapatkan akan dibandingkan dengan hasil simulasi, dan kemudian dianalisis.

Pengukuran antena *dualband* SIMO yang dilakukan adalah pengukuran *return loss*, dan pola radiasi antena. Pengukuran *return loss* bertujuan untuk mengetahui parameter antena yang telah difabrikasi seperti frekuensi kerja dan *impedance bandwidth*, pengukuran *return loss* menggunakan port tunggal dalam pengaplikasiannya. Pengukuran pola radiasi bertujuan untuk mengetahui pola radiasi serta pengukuran *mutual coupling* dari antena SIMO. Pengukuran ini menggunakan pengukuran *port* ganda.

4.1 Peralatan Yang Digunakan Untuk Pengukuran

Seperti halnya pada perancangan antena, pengukuran antena pun memerlukan berbagai macam peralatan yang digunakan baik berupa perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Perangkat keras digunakan untuk fabrikasi dan pengukuran antena, sedangkan perangkat lunak digunakan untuk mengolah data dan untuk mengetahui karakteristik antena yang dirancang. Berikut ini adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran, yaitu:

Perangkat keras yang digunakan dalam perancangan dan pengukuran antena *dualband* SIMO antara lain :

1. *Network Analyzer* Agilent N5230C. Alat ini dapat digunakan untuk pengukuran *port* tunggal (mengukur VSWR, frekuensi kerja, *return loss*, dan *bandwidth*), serta *port* ganda (mengukur pola radiasi dan *gain*).
2. *Calibration Kit* Agilent 85052D

3. Peralatan kalibrasi ini digunakan untuk mengkalibrasi *Network Analyzer* sebelum dilakukan pengukuran
4. *Connector SMA 50 ohm*
5. Kabel *Coaxial 50 ohm*

Adapun perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu :

1. CST Microwave Studio

Perangkat lunak ini digunakan untuk merancang dan mensimulasikan antenna yang akan dibuat. Setelah disimulasi akan diperoleh beberapa karakteristik antenna seperti frekuensi kerja, *bandwidth*, impedansi input, *return loss*, VSWR, dan pola radiasi.

2. *Microsoft Excel 2007*

Perangkat lunak ini digunakan untuk mengolah data dan grafik dengan persamaan matematis.

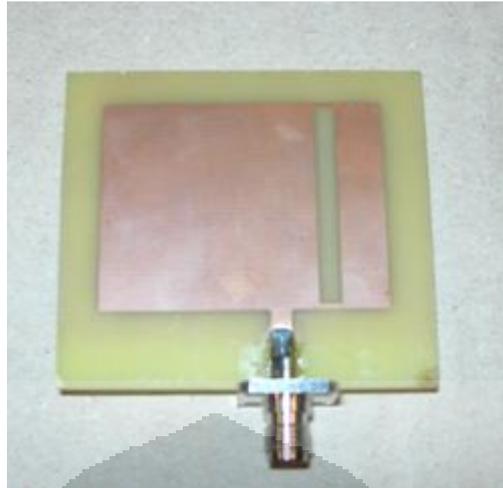
4.2 Pengukuran Antena Dualband SIMO

Pengukuran yang dilakukan pertama kali adalah mengukur antenna *dualband* satu elemen. Pengukuran satu elemen dilakukan sebelum antenna tersebut dibuat menjadi SIMO.

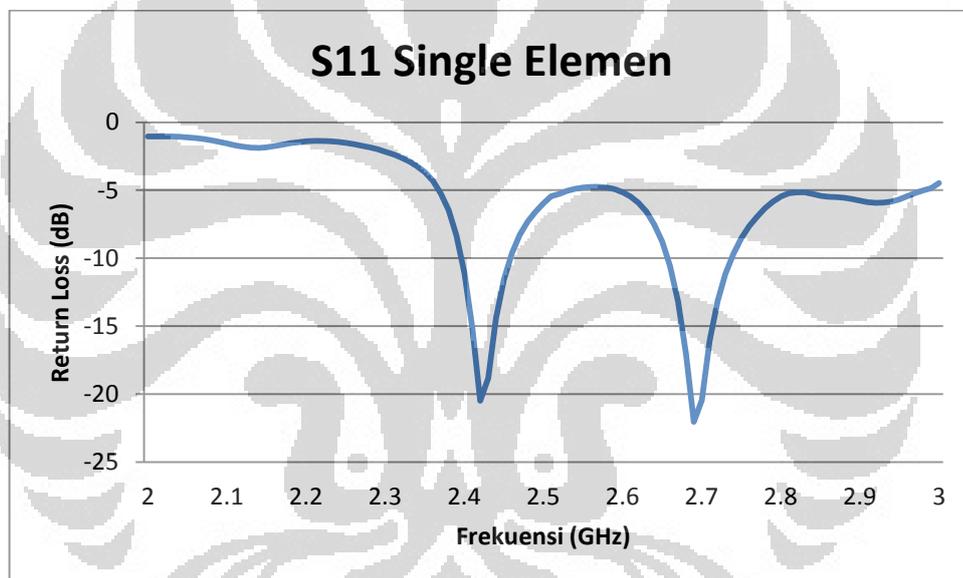
4.2.1 Hasil Pengukuran Antena Dualband Single elemen

Pengukuran pertama yang dilakukan adalah pengukuran parameter *port* tunggal, yaitu pengukuran AUT (Antenna Under Test) secara langsung tanpa bantuan antenna lainnya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Network Analyzer*. Antenna yang ingin diukur dihubungkan pada salah satu *port* pada *Network Analyzer*. Melalui pengukuran ini, dapat diperoleh parameter-parameter antenna seperti *return loss*, VSWR, dan *bandwidth*.

Gambar 4.1 merupakan gambar antenna yang akan diukur. Antenna tersebut kemudian diukur menggunakan *Network Analyzer*. Ternyata frekuensi awal antenna ini berubah dari desain awal 2.29 GHz – 2.4 GHz menjadi 2.37 – 2.43 GHz sedangkan untuk frekuensi 2.6 – 2.73 GHz bergeser menjadi 2.63 – 2.68 GHz. Terlihat pada Gambar 4.2



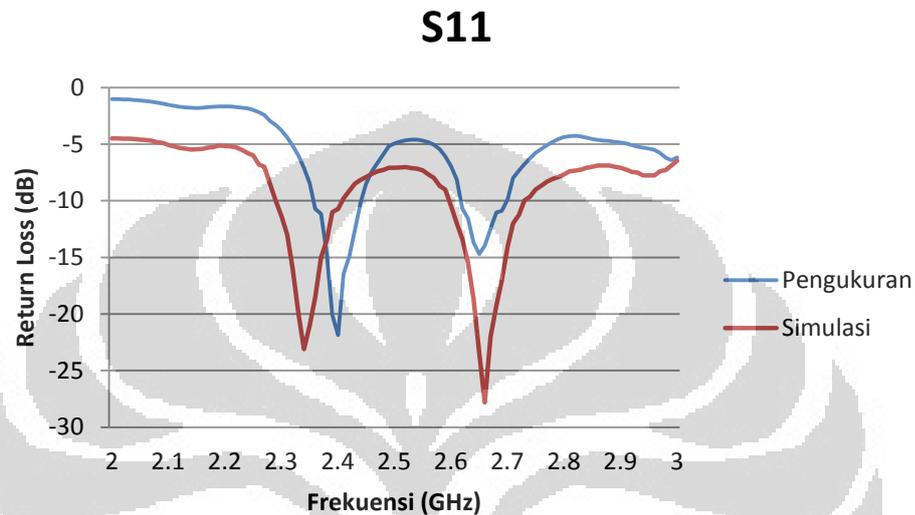
Gambar 4.1 Antena setelah difabrikasi



Gambar 4.2 Return Loss antenna pertama

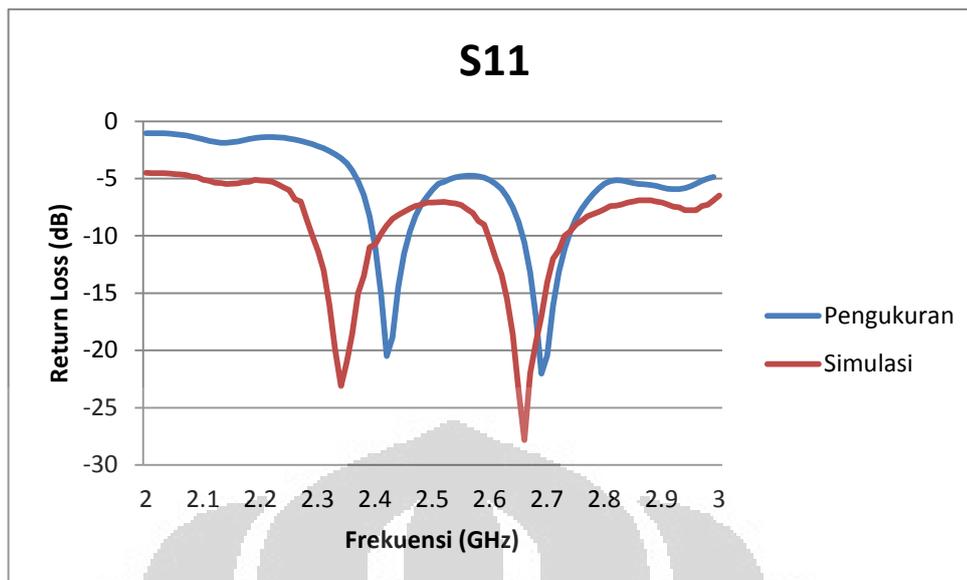
Pergeseran antena setelah dipabrikasi akan sangat mungkin terjadi, dimana pada umumnya *software* yang kita gunakan diibaratkan pada keadaan ideal sedangkan pada kenyataannya banyak terdapat *losses* yang terjadi. Selain itu ukuran *substrate*, *ground*, dan *patch* juga sangat berpengaruh pada antena. Terjadi perbedaan 1 mm saja dapat menyebabkan pergeseran frekuensi yang sangat besar. Setelah dilihat pergeseran frekuensi antena sekitar 60 MHz kemudian antena tersebut kembali diiterasi dengan cara menggeser frekuensi kerjanya. Langkah ini dilakukan untuk menjaga kemungkinan frekuensi kerja dari antena akan bergeser kembali setelah di fabrikasi.

Namun ketika difabrikasi kembali frekuensi pertama pada antenna bergeser hanya sekitar 10MHz dari fabrikasi antenna pertama, antenna pada frekuensi kedua telah berada pada rentang frekuensi yang diinginkan. Akan tetapi *bandwidth* dari antenna belum sesuai dengan yang diinginkan. Hasil perbandingan antara simulasi dengan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perbedaan hasil pengukuran dan simulasi

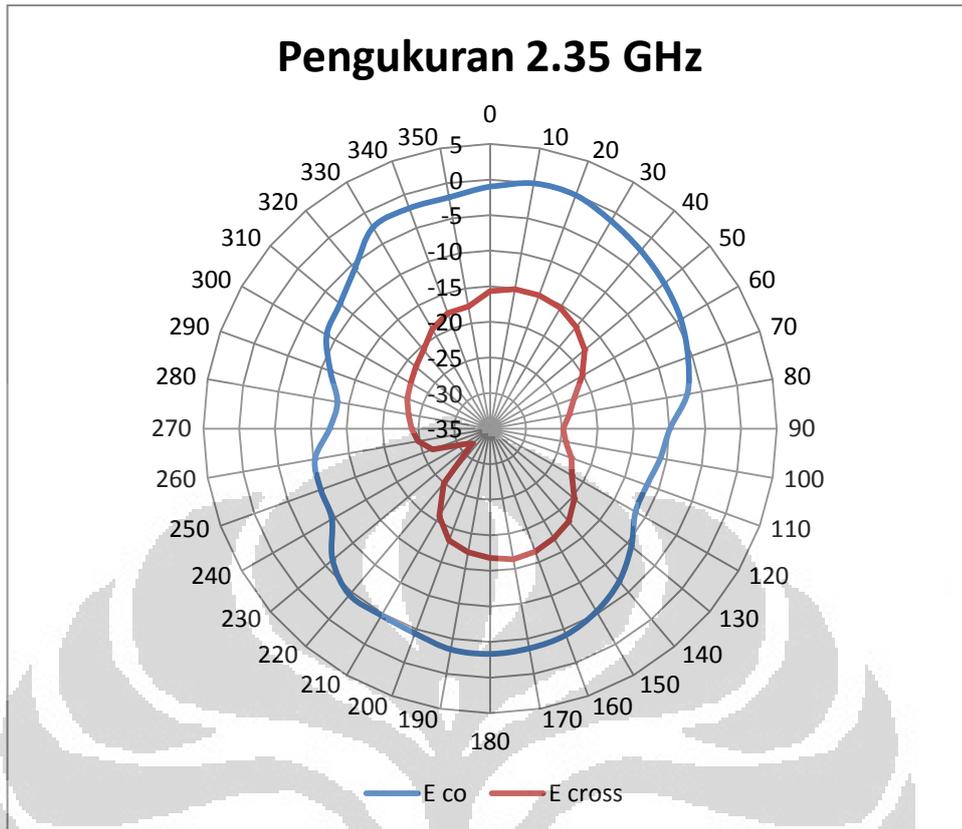
Untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar hal yang dilakukan adalah dengan mengecilkan *line* pada *ground* yang sudah dibahas pada bab sebelumnya. Ternyata hasil yang didapatkan hampir mendekati 100 MHz, tetapi frekuensi yang dihasilkan masih lebih besar dari frekuensi kerja yang diinginkan. Hasil akhir dapat dilihat pada Gambar 4.4.



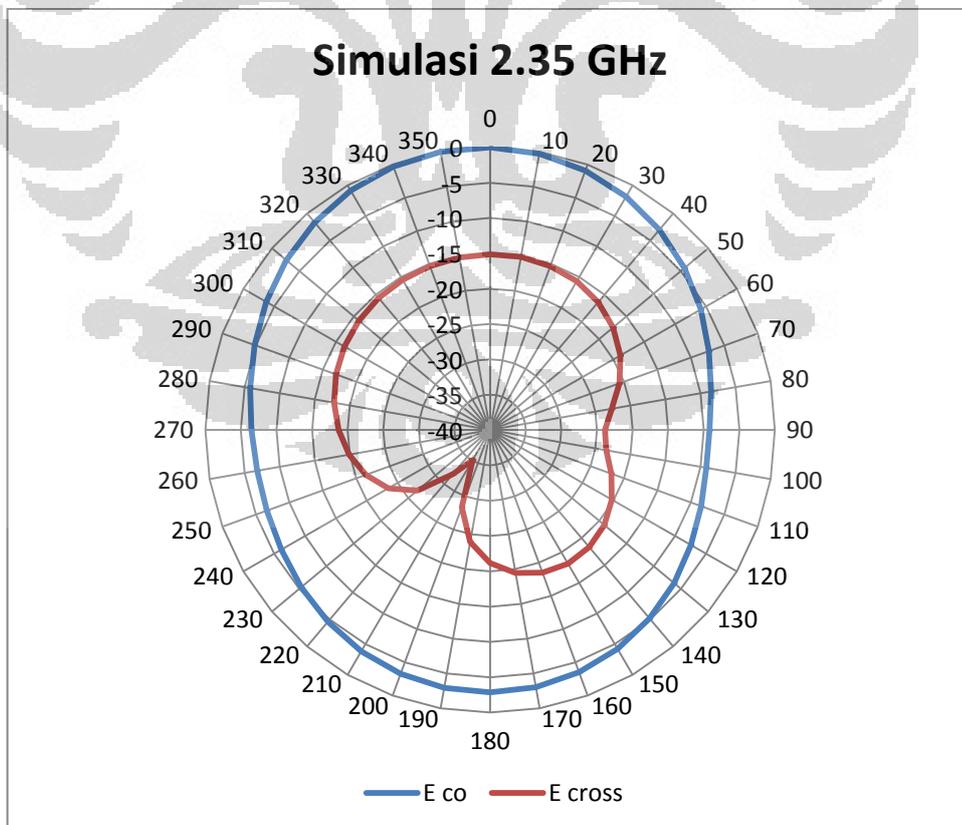
Gambar 4.4 Hasil iterasi pelebaran *bandwidth*

Setelah pengukuran parameter *port* tunggal, selanjutnya melakukan pengukuran pola radiasi. Pengukuran pola radiasi ini bertujuan untuk mengetahui pola radiasi dari AUT. *Port* 1 pada *Network Analyzer* dihubungkan dengan AUT, dalam hal ini yaitu antenna mikrostrip *dualband* satu elemen yang akan diukur. AUT berperan sebagai antenna penerima, dan dihubungkan dengan *Network Analyzer* dengan menggunakan kabel *coaxial* yang memiliki impedansi karakteristik 50 Ohm. *Port* 2 pada *Network Analyzer* dihubungkan dengan antenna pemancar, yaitu antenna penguji yang juga bekerja pada rentang frekuensi AUT, antenna yang digunakan adalah antenna horn.

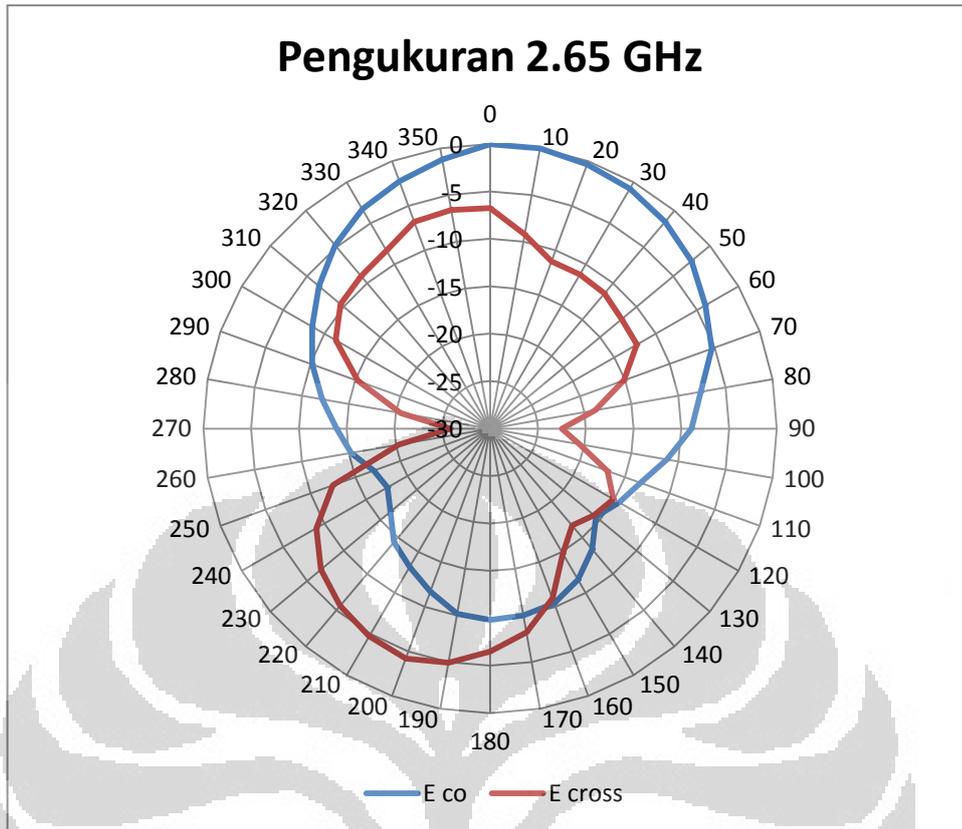
Pengukuran pola radiasi dilakukan dalam ruangan *Anechoic Chamber*. Pengukuran pola radiasi dilakukan dengan memutar AUT 360° pada sumbunya. Data yang diambil pada pengukuran ini adalah daya yang diterima oleh antenna uji (AUT). Pada pengukuran ini, pola radiasi yang diambil adalah pola radiasi E-co dan H-co. Untuk E-co AUT dan Horn diposisikan agar medan E menjadi vertikal. Interval pemutaran antenna uji adalah 10. Data yang akan diplot terlebih dahulu dinormalisasikan. Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 adalah perbandingan antara pola radiasi hasil pengukuran dengan hasil simulasi pada frekuensi 2.35 GHz dan Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 adalah perbandingan antara pola radiasi hasil pengukuran dengan hasil simulasi pada frekuensi 2.65 GHz.



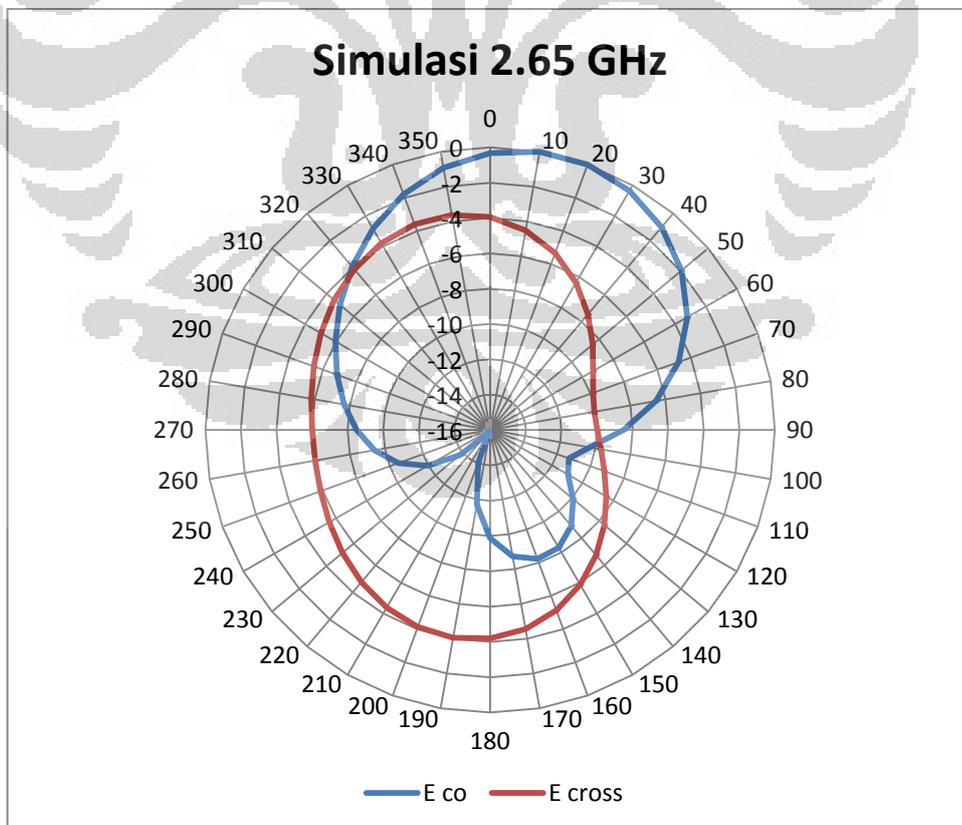
Gambar 4.5 Hasil pengukuran pola radiasi 2.35 GHz



Gambar 4.6 Hasil simulasi pola radiasi 2.35 GHz



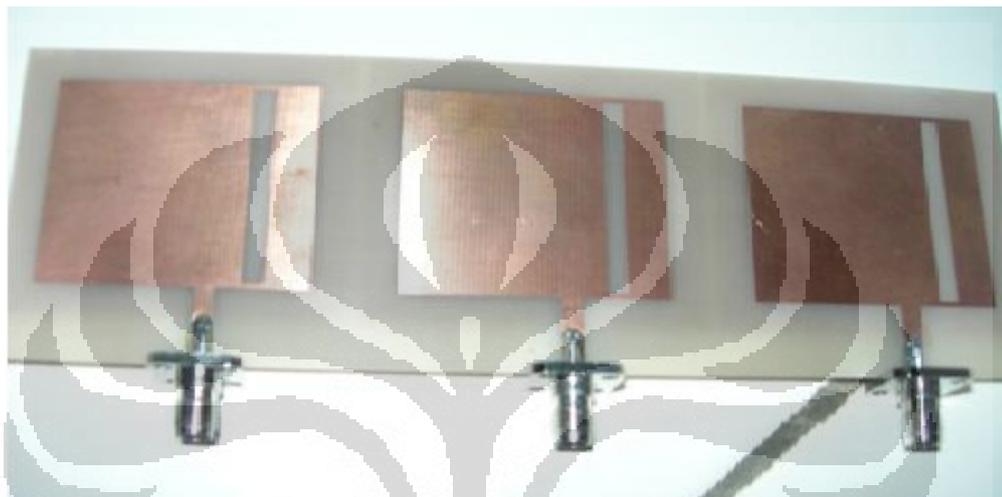
Gambar 4.7 Hasil pengukuran pola radiasi 2.65 GHz



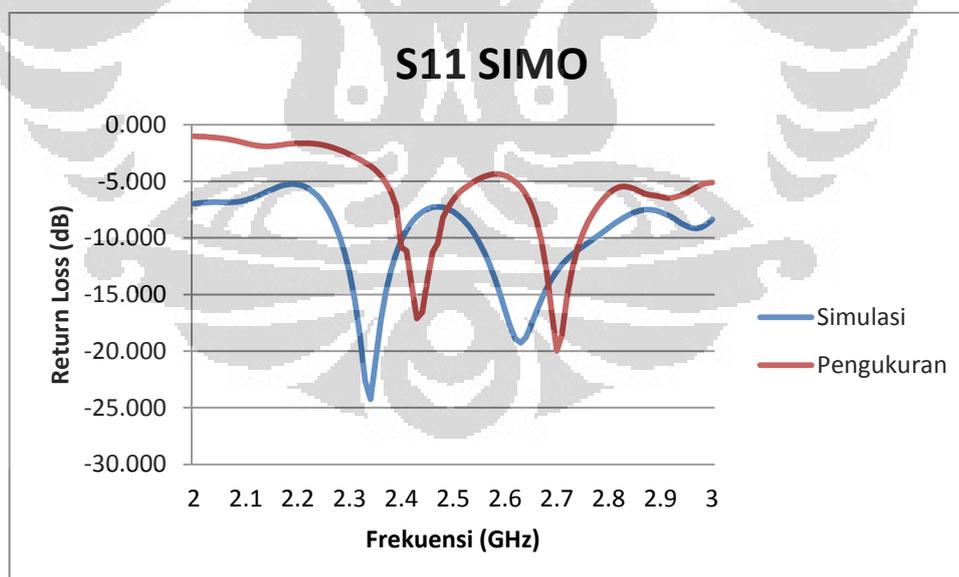
Gambar 4.8 Hasil simulasi pola radiasi 2.65 GHz

4.2.2 Hasil Pengukuran Antena Dualband SIMO

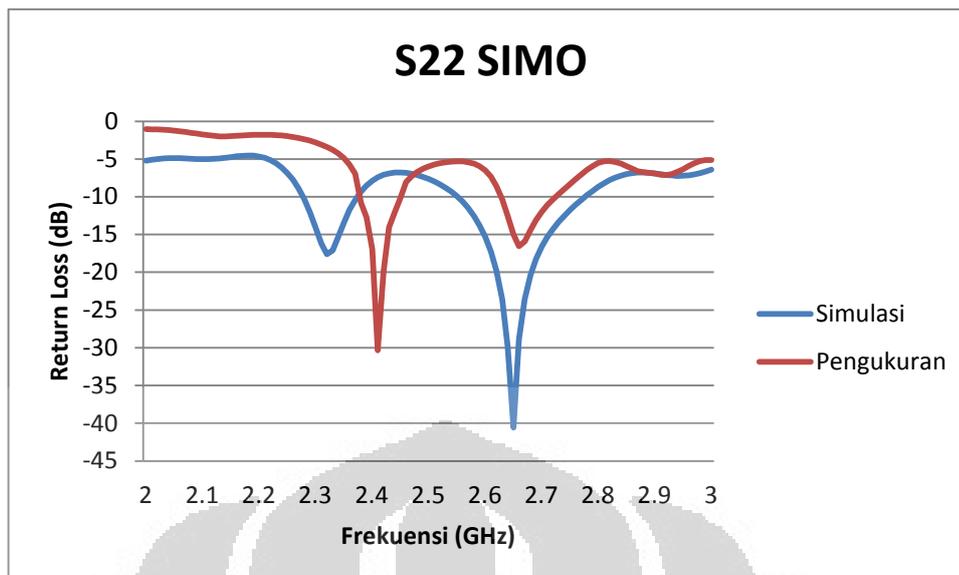
Antena *dualband* SIMO memiliki 3 *port* antenna setiap *port* pada antenna tersebut harus diukur masing – masing karena tidak sama satu sama lain. Pada saat satu antenna diukur, antenna yang tidak digunakan dihubungkan pada terminator 50 ohm begitu seterusnya sampai ketiganya terukur. Gambar 4.9 adalah gambar dari antenna SIMO yang telah difabrikasi.



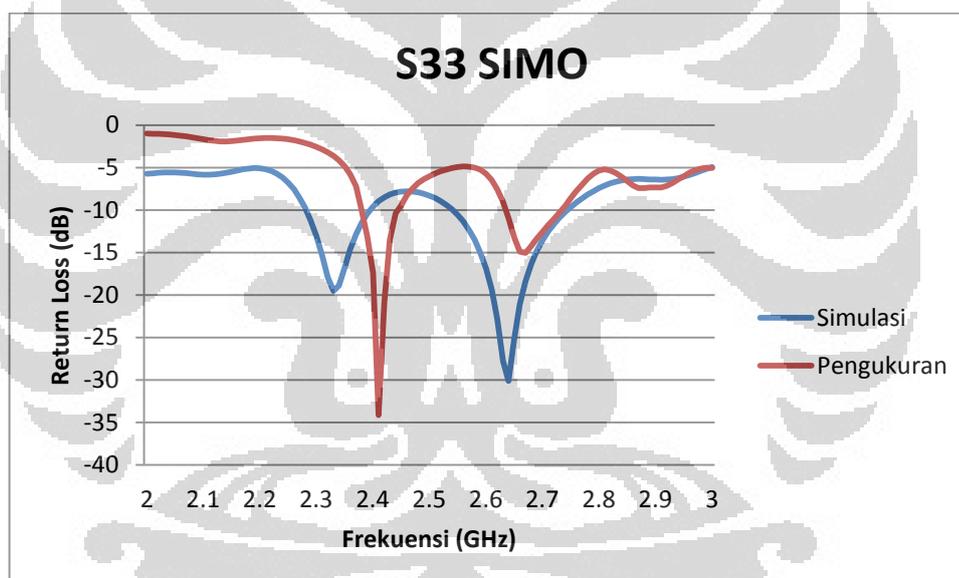
Gambar 4.9 Gambar Antena SIMO 1x2



Gambar 4.10 Perbandingan hasil simulasi S11 SIMO dengan pengukuran



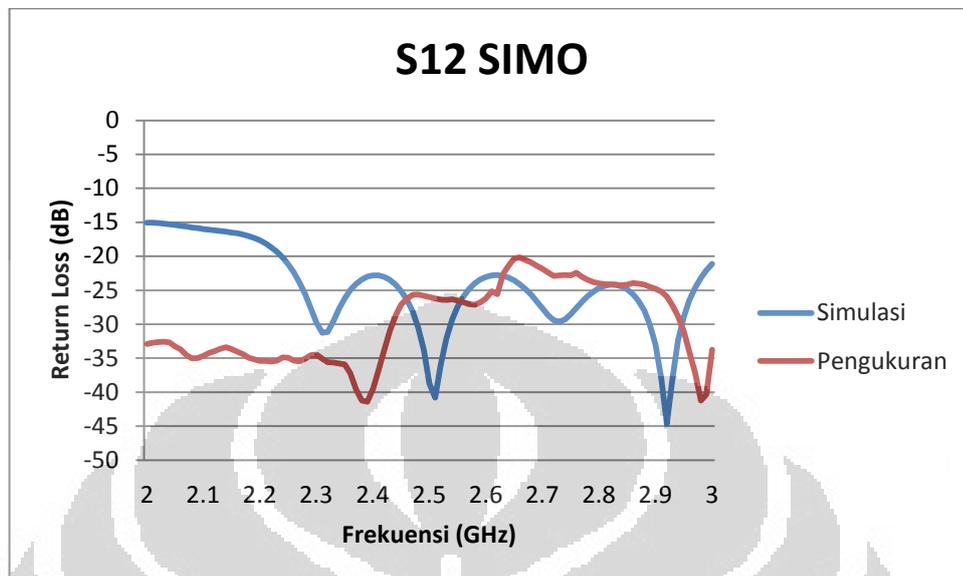
Gambar 4.11 Perbandingan hasil simulasi S22 SIMO dengan pengukuran



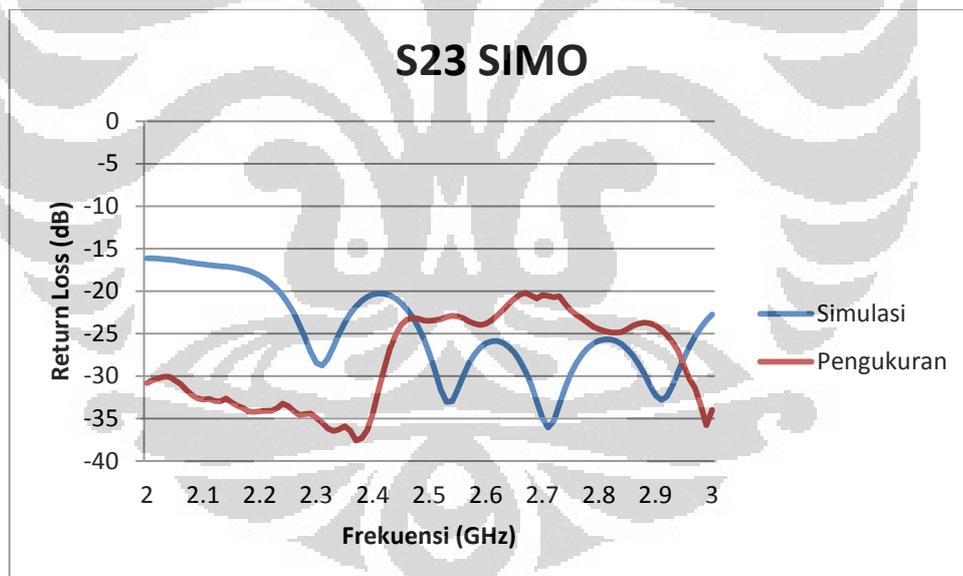
Gambar 4.12 Perbandingan hasil simulasi S33 SIMO dengan pengukuran

Gambar 4.10, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 adalah perbandingan antara simulasi dengan pengukuran dilihat dari gambar ketiganya sama – sama memiliki pola yang sama antara pengukuran dengan simulasi, namun hasil simulasi dengan pengukuran cenderung bergeser ke arah frekuensi yang lebih tinggi. Hasil pengukuran S11 bekerja pada frekuensi 2.4 – 2.47 GHz dan 2.67 – 2.74 GHz, untuk S22 bekerja pada frekuensi 2.38 – 2.45 GHz dan 2.63 – 2.72 GHz, untuk S33 bekerja pada frekuensi 2.38 – 2.44 GHz dan 2.64 – 2.73 GHz. Untuk *mutual*

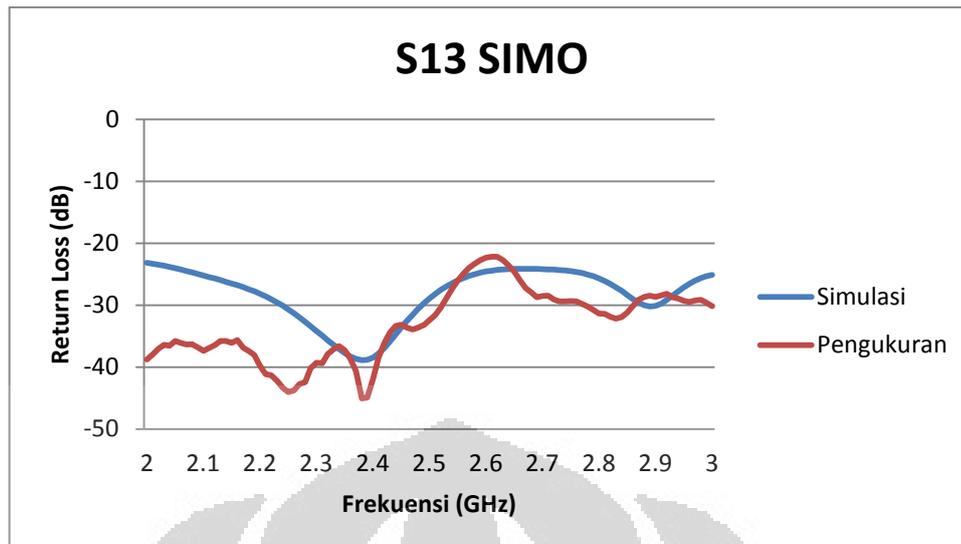
coupling S12 S23 dan S13. Grafik gambarnya dapat dilihat pada Gambar 4.13, 4.14, dan 4.15.



Gambar 4.13 Perbandingan hasil simulasi S12 SIMO dengan pengukuran



Gambar 4.14 Perbandingan hasil simulasi S23 SIMO dengan pengukuran



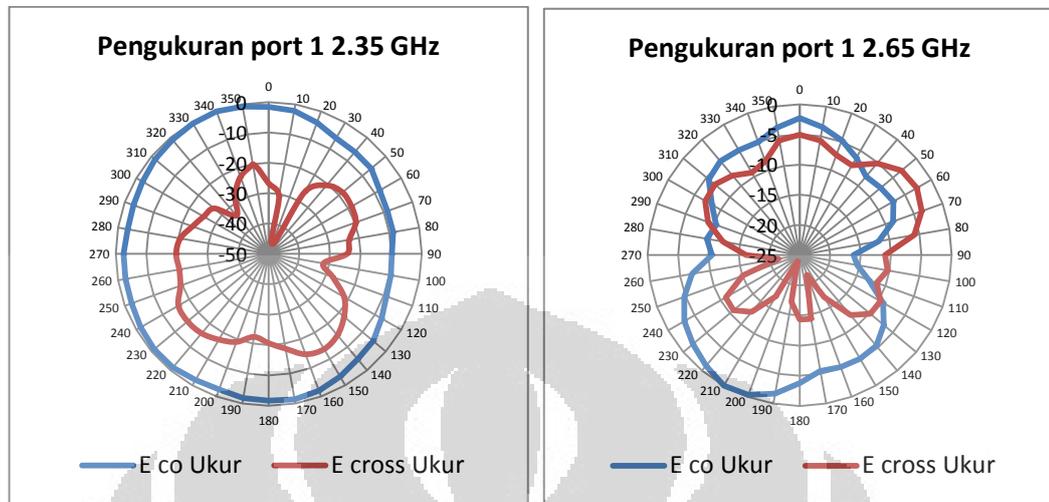
Gambar 4.15 Perbandingan hasil simulasi S13 SIMO dengan pengukuran

Dari Gambar 4.13, 4.14 dan 4.15 dapat disimpulkan bahwa *mutual coupling* yang dihasilkan pada frekuensi 2.3 -2.4 GHz dan 2.6 – 2.7 GHz masih kurang dari -20dB. Yang berarti sangat baik sehingga masing – masing elemen tidak terlalu mempengaruhi elemen yang lain.

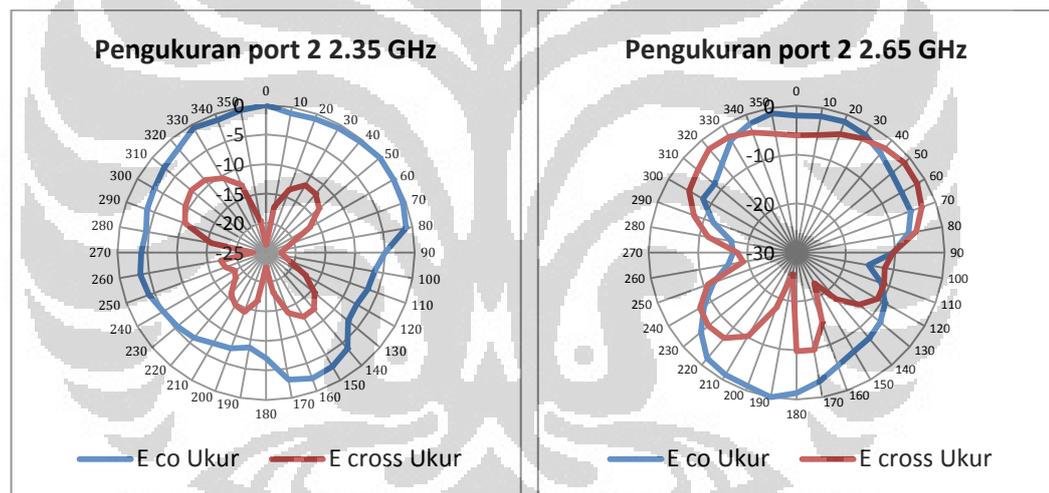
Untuk pengukuran pola radiasi antenna SIMO, sama seperti pengukuran pola radiasi pada antenna *single* elemen yaitu, dilakukan dalam ruangan *Anechoic Chamber*, pengukuran dilakukan dengan memutar AUT 360° pada sumbunya. Data yang diambil pada pengukuran ini adalah daya yang diterima oleh antenna uji (AUT). Pada pengukuran ini, pola radiasi yang diambil adalah pola radiasi *E-co* dan *E-cross*. Interval pemutaran antenna uji adalah 10. Data yang akan diplot terlebih dahulu dinormalisasikan. Sedikit perbedaan dengan antenna *single* elemen yang mempunyai 1 port, antenna SIMO memiliki 3 port. Ketika kita melakukan pengukuran pada *port 1*, *port 2* dan *port 3* kita hubungkan dengan terminator 50 ohm, ketika kita mengukur *port 2*, *port 1* dan *port 3* dihubungkan dengan terminator 50 ohm begitu seterusnya.

Hasil pengukuran pola radiasi pada *single* elemen dengan SIMO memang berbeda walaupun SIMO terlihat seperti penggabungan dari 3 antenna *single* elemen yang sejenis. Ini dikarenakan pada SIMO lebar *substrate* keseluruhan ikut berpengaruh walaupun antenna ini memiliki *patch* dan *portnya* masing – masing dan telah diterminasi tapi masih dalam *substrate* yang sama. Hasil pengukuran

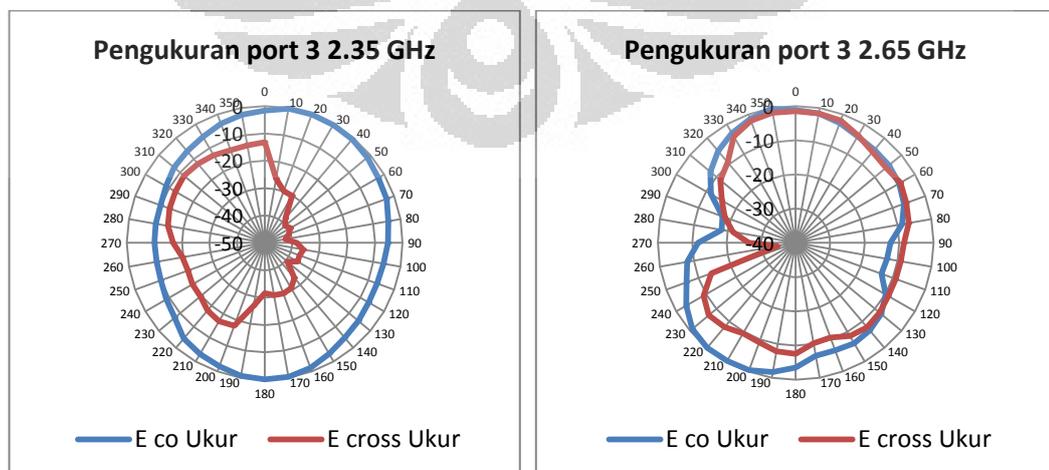
masing – masing *port* pada frekuensi 2.35 dan 2.65 E-co dan E-cross nya dapat dilihat pada Gambar 4.16, 4.17 dan 4.18



Gambar 4.16 Hasil pengukuran pola radiasi *port 1* SIMO

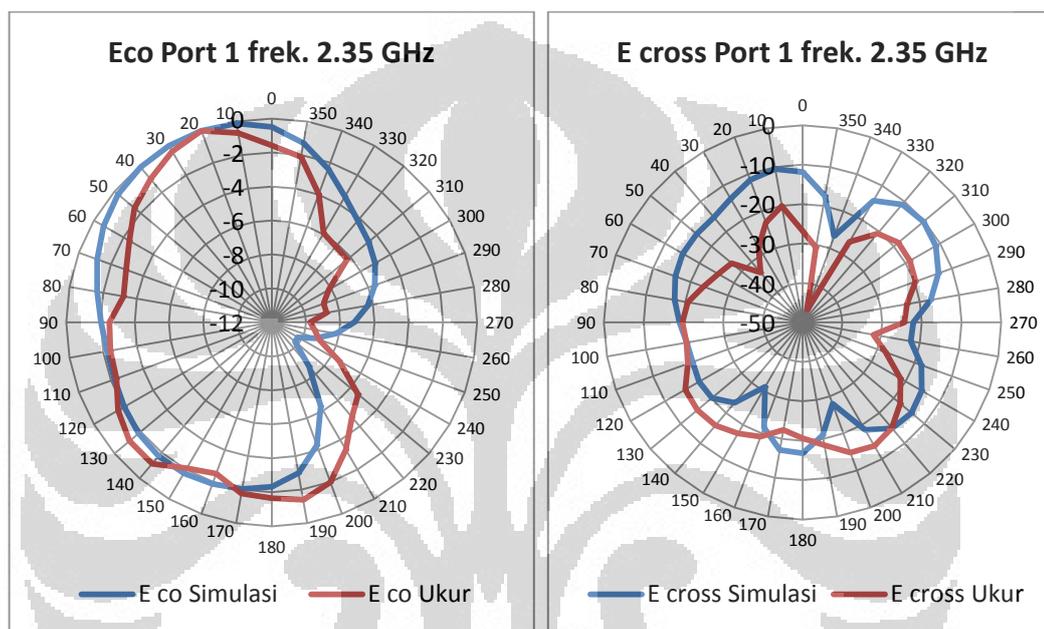


Gambar 4.17 Hasil pengukuran pola radiasi *port 2* SIMO

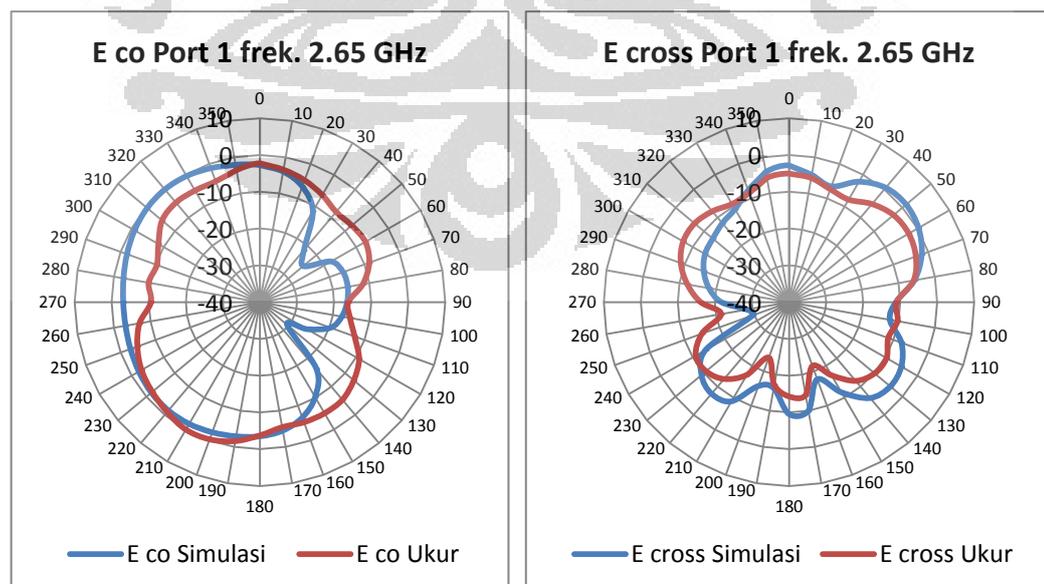


Gambar 4.18 Hasil pengukuran pola radiasi *port 3* SIMO

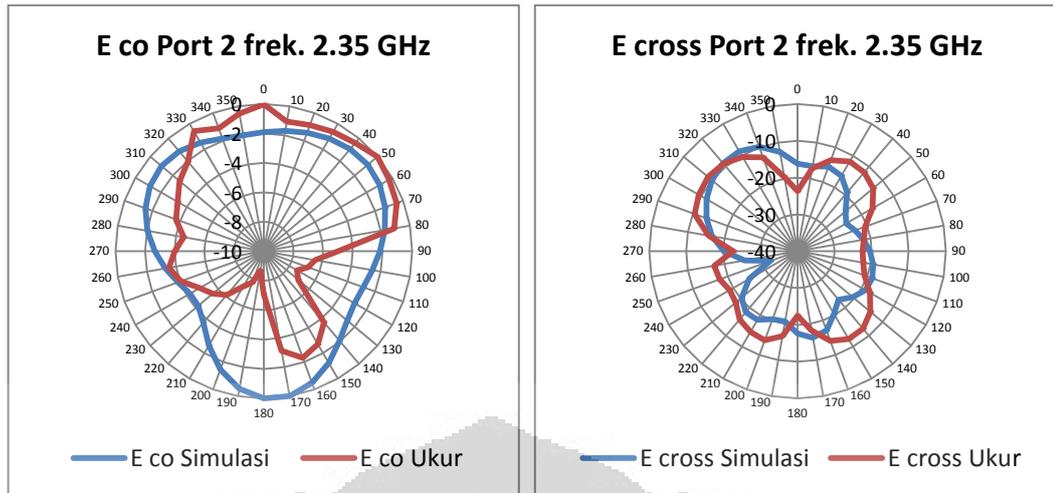
Dilihat dari hasil simulasi dengan pengukuran ternyata tidak jauh berbeda hasil yang didapatkan. Karena hasilnya telah di normalisasi maka E-co dan E-cross akan terlihat mirip bahkan sama namun pada kenyataannya daya yang diterima E-cross jauh lebih kecil dibandingkan dengan yang diterima oleh E-co. Perbandingan antara simulasi dengan pengukuran E-co dan E-cross pada frekuensi 2.35 GHz dan 2.65 GHz pada masing – masing *port* dapat dilihat pada Gambar 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 dan 4.24.



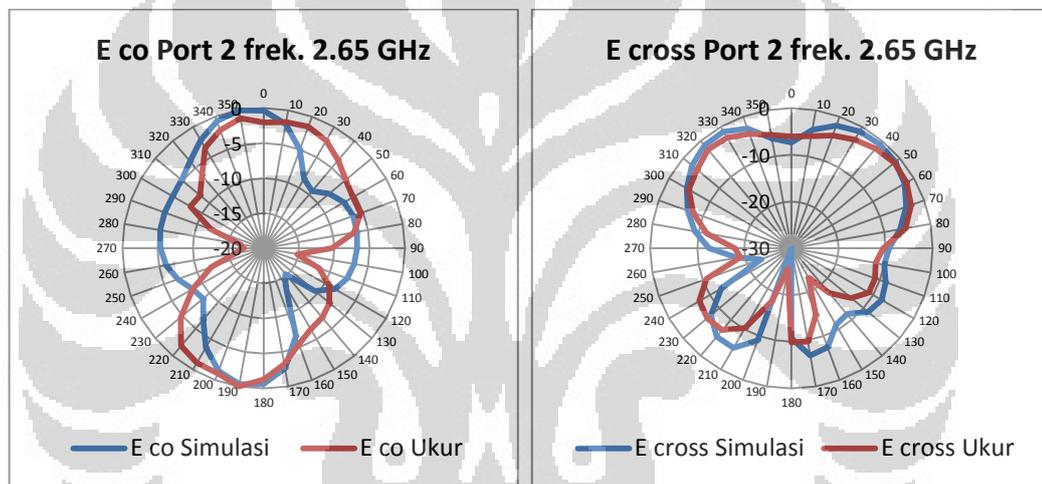
Gambar 4.19 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 1 E-co E-cross pada frek 2.35 GHz



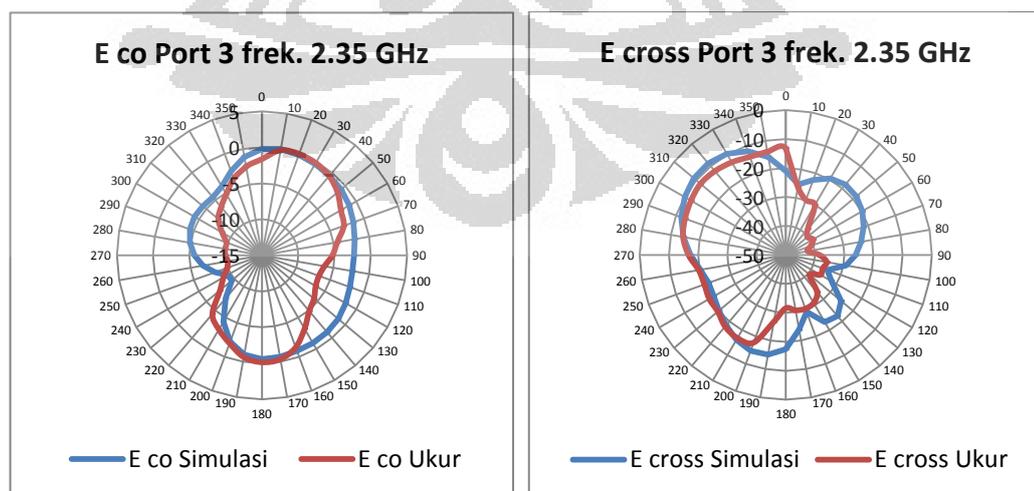
Gambar 4.20 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 1 E-co E-cross pada frek 2.65 GHz



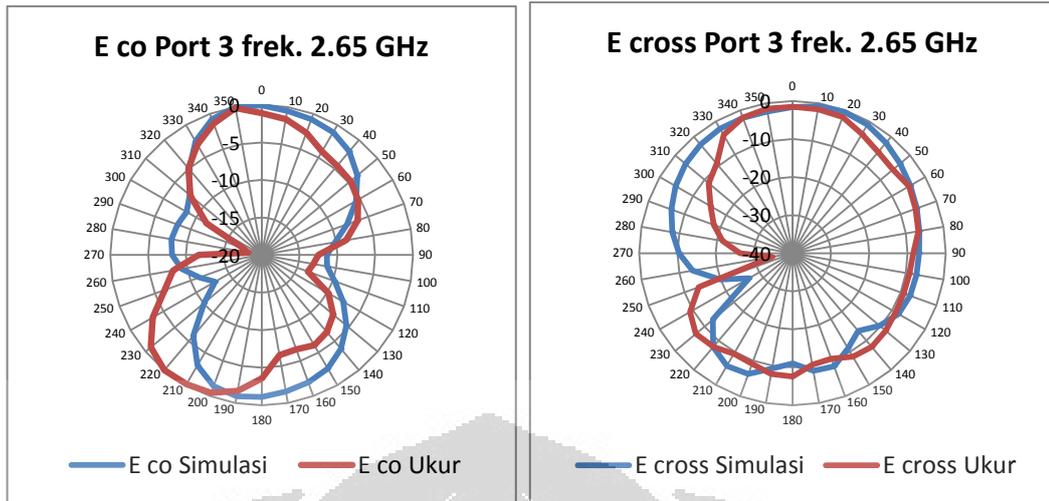
Gambar 4.21 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 2 E-co E-cross pada frek 2.35 GHz



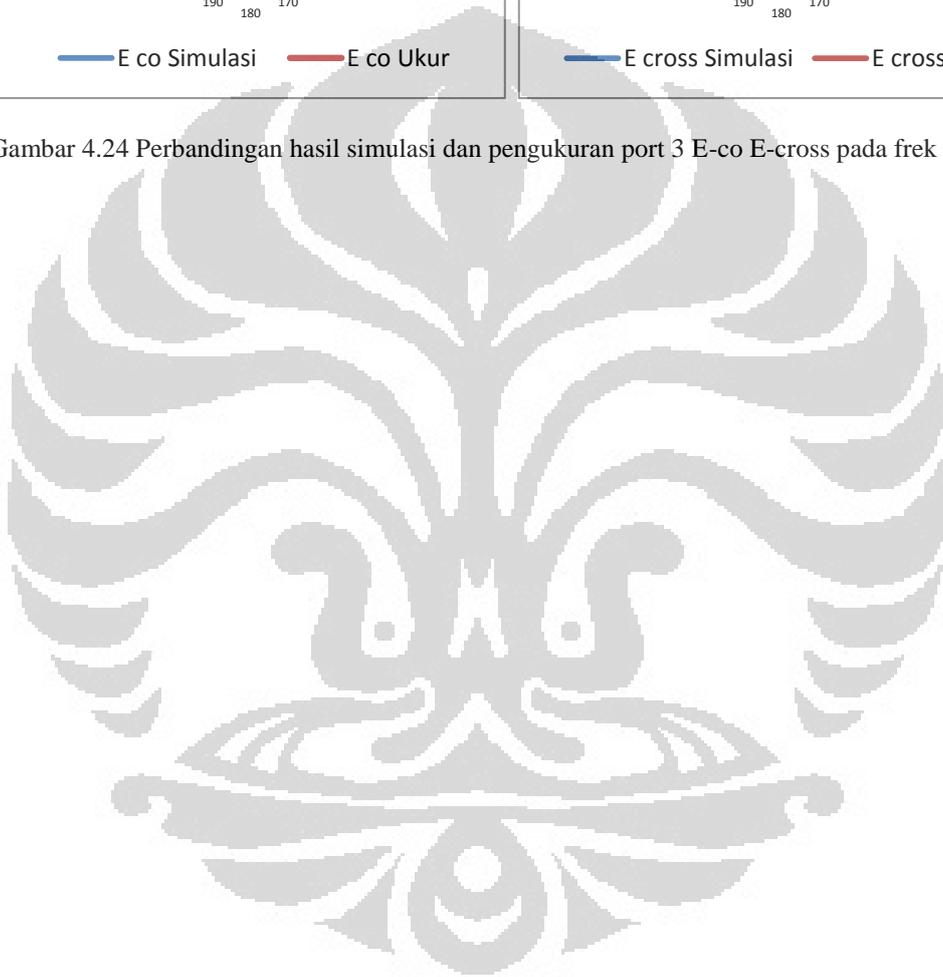
Gambar 4.22 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 2 E-co E-cross pada frek 2.65 GHz



Gambar 4.23 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 3 E-co E-cross pada frek 2.35 GHz



Gambar 4.24 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran port 3 E-co E-cross pada frek 2.65 GHz



BAB 5

KESIMPULAN

Setelah didapatkan hasil dari proses pabrikasi dan simulasi antenna maka didapatkan kesimpulan , antara lain:

1. Antena mikrostrip *singleband* dapat dijadikan antena *dualband* dengan memberikan *slot* dengan ukuran tertentu pada *patchnya*.
2. Untuk mendapatkan frekuensi *dualband* sesuai yang diinginkan untuk frekuensi yang pertama yaitu 2.3 -2.4 GHz adalah dengan mengiterasi ukuran *patch* dan untuk frekuensi 2.6 – 2.7 GHz adalah dengan mengiterasi ukuran *slot*.
3. Dengan menggunakan teknik *partial ground plane*, *bandwidth* pada frekuensi 2.3 – 2.4 GHz dapat ditingkatkan berkisar 28 % dan pada frekuensi 2.6 – 2.7 GHz dapat ditingkatkan berkisar 97 %.
4. Teknik *Defected Ground Structure* dapat digunakan untuk mengurangi *mutual coupling* antar elemen, yang semula -17 dB dapat berkurang hingga – 21dB.
5. Dari hasil pengukuran didapatkan frekuensi kerja dari antena SIMO *port 1* adalah 2.4 – 2.47 GHz dan 2.67 – 2.74 GHz *port 2* adalah 2.38 – 2.45 GHz dan 2.63 – 2.72 GHz *port 3* adalah 2.38 – 2.44 GHz dan 2.64 – 2.73 GHz.

DAFTAR ACUAN

- [1] TELEKOMUNIKASI, DIREKTUR JENDERAL POS DAN, *PERSYARATAN TEKNIS ALAT DAN PERANGKAT TELEKOMUNIKASI ANTENA BROADBAND WIRELESS ACCESS (BWA) NOMADIC*. Jakarta : s.n., 2008. 96/DIRJEN/2008.
- [2] <http://cahmbanyumas.blogspot.com/2009/05/implementasi-lte-di-indonesia.html>. Diakses pada tanggal 15 September 2011 01:26 PM.
- [3] <http://id.wikipedia.org/wiki/WiMAX>. Diakses pada tanggal 20 Agustus 2011 03:00PM.
- [4] http://www2.rohde-schwarz.com/file_7122/n192_SISO_MIMO.pdf. Diakses pada tanggal 20 November 11:26 PM.
- [5] Vijay Sharma, V.K. Saxena*, D. Bhatnagar (SMIEEE), J.S. Saini & K.B. Sharma+Young, *Compact dual frequency wide band circular patch antenna with U-slot*. IEEE Antenna's and Propagation Society International Symposium 2009.
- [6] W. Swelam, *Triple-Band T-Shape Microstrip Patch Antenna with Slotted Ground Plane for PCS, UMTS and Bluetooth Communication Systems*. RF/Microwave and Photonics Group, Dep. of ECE, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, 2010.
- [7] Gh.Z. Rafi and L. Shafai, *Wideband V-slotted Diamond-Shaped Microstrip Patch Antenna*. ELECTRONICS LETTERS 16th September 2004 Vol. 40 No. 19.
- [8] Jeongpyo Kim* and Jaehoon Choi, *Dual Band MIMO Antenna using ENG zeroth order resonator for 4G System*. Antenna Technology, 2009. iWAT 2009. IEEE International Workshop.
- [9] http://p3m.amikom.ac.id/p3m/dasi/maret05/01%20-%20STMIK%20AMIKOM%20Yogyakarta%20Makalah%20ABAS%20_wordwide%20interoperability_.pdf. Diakses pada tanggal 7 Oktober 2011 08:05 PM
- [10] <http://jfkoernia.wordpress.com/2010/09/08/basic-lte-part-1-short-introduction/>. Diakses pada tanggal 7 Oktober 2011 08:46 PM
- [11] <http://cahmbanyumas.blogspot.com/2009/05/implementasi-lte-di-indonesia.html>. Diakses pada tanggal 7 Oktober 2011 09:02 PM
- [12] Workgrup Spektrum 4G Depkominfo Yogyakarta.

- [13] <http://en.wikipedia.org/wiki/MIMO>. Diakses pada tanggal 17 Desember 2011 01:02AM
- [14] Balanis, Constantine A. *Antenna Theory Analysis and Design* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc. 1997.
- [15] Hapsari, Nurita Dwi, Sumajudin, Bambang, dan Enceng Sulaeman, *Rancang Bangun Multiband Antena Mikrostrip Berbentuk Persegi Dengan Metode Inset Feed*, Fakultas Elektro dan Telekomunikasi ITTelkom. Bandung
- [16] Rezzy, C.V.V., Rana, R. *Design of Linearly Polarized Rectangular Microstrip Patch Antenna Using IE3D/PSO*. Departement of Electronic and Communication Engineering National Institute of Technology. Rourkela. 2009
- [17] Bahl, Inder, Apisak I., P. Bhartia dan R. Garg, "*Microstrip Antenna Design Handbook*", Artech House. Inc, Norwood, MA, 2001.
- [18] Surjati, Indra. *Dual Frequency Antenna Microstrip*, **JETri** Volume 3 Nomor 1 Agustus 2003, Halaman 1-8, ISSN 1412-0372.
- [19] Fawwaz T. Ullaby. *Fundamentals of Applied Electromagnetics*. Prentice Hall. USA. 2001.
- [20] Jung.H. Kim* and C. G. Christodoulou. *A simple reconfigurable microstrip antenna for wideband applications*. Department of Electrical and Computer Engineering, University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131-0001. 2010.
- [21] Fitri Yuli Zulkifli, Susy Tri Lomorti, Eko Tjipto Rahardjo. *Improved Design of Triangular Patch Linear Array Microstrip Antenna Using Isosceles-Triangular Defected Ground Structure*. Proceedings of Asia-Pacific Microwave Conference 2007.
- [22] James J. R., Hall P. S., eds. *Handbook of Microstrip Antennas*. Vol. I and II. Peter Pergrinus. IEEE. 1989.

DAFTAR PUSTAKA

Balanis, Constantine A., *Antenna Theory : Analysis and Design*, New York : Harper & Row Publisher Inc, 1982.

Bahl, Inder, Apisak I., P. Bhartia dan R. Garg, "*Microstrip Antenna Design Handbook*", Artech House. Inc, Norwood, MA, 2001.

Fawwaz T. Ullaby. *Fundamentals of Applied Electromagnetics*. Prentice Hall. USA. 2001.

James J. R., Hall P. S., eds. *Handbook of Microstrip Antennas*. Vol. I and II. Peter Pergrinus. IEEE. 1989.

Rezzy, C.V.V., Rana, R. *Design of Linearly Polarized Rectangular Microstrip Patch Antenna Using IE3D/PSO*. Departement of Electronic and Communication Engineering National Institute of Technology. Rourkela. 2009