



TUGAS AKHIR - EE 184801

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA
MIKROSTRIP *RECTANGULAR WIDEBAND* POLARISASI
GANDA DENGAN SLOT-U PADA FREKUENSI 3,5 GHZ**

Wellfrid Partahi Monang Harianja
NRP 0711164000067

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR - EE 184801

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP
RECTANGULAR WIDEBAND POLARISASI GANDA DENGAN
SLOT-U PADA FREKUENSI 3,5 GHZ**

Wellfrid Partahi Monang Harianja
NRP 0711164000067

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - EE 184801

**DESIGN AND FABRICATION ANTENNA *RECTANGULAR*
WIDEBAND DUAL POLARIZATION WITH SLOT-U AT 3,5 GHZ
FREQUENCY**

Wellfrid Partahi Monang Harianja
NRP 07111640000067

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

PERNYATAAN KEASLIAN

TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip *Rectangular Wideband* Polarisasi Ganda dengan Slot-U pada Frekuensi 3,5 GHz”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2020



Wellfrid P. M. Harianja
NRP. 0711 16 4000 067

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA
MIKROSTRIP *RECTANGULAR* WIDEBAND
POLARISASI GANDA DENGAN SLOT-U PADA
FREKUENSI 3,5 GHZ**

TUGAS AKHIR

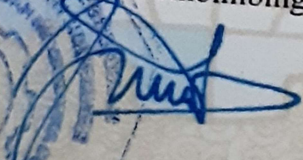
Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I


Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
NIP : 196605101992032002



**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA
MIKROSTRIP *RECTANGULAR* WIDEBAND
POLARISASI GANDA DENGAN SLOT-U PADA
FREKUENSI 3,5 GHZ**

TUGAS AKHIR

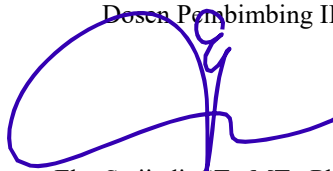
Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing II



Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
NIP. 197210012003121002

**SURABAYA
JUNI, 2020**

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *RECTANGULAR WIDEBAND* POLARISASI GANDA DENGAN SLOT-U PADA FREKUENSI 3,5 GHZ

Nama : Wellfrid P. M. Harianja
NRP : 0711164000067
Pembimbing I : Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
Pembimbing II : Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

ABSTRAK

Berkembangnya teknologi komunikasi saat ini sudah mencapai evolusi 5G. Karena 5G sistem bekerja menggunakan *mm wave* yang hanya bisa bekerja pada *Line of Sight*, maka antena mikrostrip menjadi salah satu jawaban untuk memenuhi kebutuhan kerja dari 5G. Alasannya adalah antena mikrostrip adalah antena yang *low profile*, *low weight* dan harga relative murah. Namun karakteristik antena yang memiliki *bandwidth* berukuran kecil menjadi kesulitan dalam penggunaan antena jenis ini. Untuk melebarkan *bandwidth* antena dapat digunakan teknik slot-U. Untuk mengefisienkan penggunaan *bandwidth* antena akan dibuat dengan polarisasi ganda yang dapat meningkatkan *bandwidth* sistem dan mengurangi sensitifitas gelombang terhadap lingkungannya. Bentuk antena mikrostrip yang digunakan adalah bentuk *rectangular* karena antena ini mudah untuk di desain dan mudah untuk dianalisa. Simulasi desain antena mikrostrip dibuat dengan menggunakan CST STUDIO SUITE 2017. Setelah mendapatkan desain antena yang memenuhi parameter yang diinginkan antena akan difabrikasi dan hasil fabrikasi akan dilakukan pengukuran dengan parameter-parameter yang tadi sudah terpenuhi di simulasi. Hasil dari penelitian ini adalah *bandwidth* antena dapat ditingkatkan hingga 1 GHz dan pola radiasi yang diukur mendekati hasil simulasi.

**Kata Kunci : Antena Mikrostrip, Antena *Rectangular*,
Mikrostrip *Wideband*, Polarisasi Ganda, Slot U, Frekuensi 3,5 GHz**

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

**DESIGN AND FABRICATION ANTENNA
MICROSTRIP RECTANGULAR WIDEBAND DUAL
POLARIZATION WITH SLOT-U AT 3,5 GHZ
FREQUENCY**

Nama : Wellfrid P. M. Harianja
NRP : 07111640000067
Pembimbing I : Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
Pembimbing II : Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

ABSTRACT

The development of communication technology has now reached the evolution of 5G. Since 5G system works using mm wavesthat can only work on the line of sight, the microstrip antenna is one of the answer to meet the work requirements of 5G. The reason for this is that microstrip antennas are low profile, low weight and relatively inexpensive. However, the characteristics of antenna that have a small *bandwidth* are the difficulty in using this type of antenna. To widen the antenna *bandwidth* U-Slot technique can be used. For more efficient use of antenna *bandwidth*, the antenna will be made with double polarization which can increase the system *bandwidth* and reduce wave sensitivity to the environment. The shape of the microstrip antenna used is *rectangular* because this antenna is easy to design and easy to analyze. Microstrip antenna design simulation is made using CST STUDIO SUITE 2017. After getting the antenna design that meets the desired parameters the antenna will be fabricated and fabrication results will be measured with the parameters that had already been met in the simulation. The results of this study are the antenna *bandwidth* can be increased to 1 GHz and the radiation pattern measured is close to the simulation results.

Key Word: Microstrip Antenna, Rectangular, Wideband, Dual Polarization, Slot-U, Frequency 3.5 GHz

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penelitian dan penulisan tugas akhir dengan judul **Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Rectangular Wideband Polarisasi Ganda dengan Slot-U pada Frekuensi 3,5 GHz** ini dapat diselesaikan dengan baik.

Selama melaksanakan tugas akhir ini terjadi banyak kendala yang terjadi dan saya selalu mendapatkan bantuan dari banyak pihak. Tanpa dukungan dari mereka sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terimakasih diantaranya pada :

1. Kedua Orang tua tercinta Bapak dan Ibu, abang saya, adik-adik yang saya sayangi yang tidak henti memberi semangat, bantuan dalam bentuk apapun, dan doa kepada penulis.
2. Ibu Dr. Ir. Puji Handayani, M.T. dan Bapak Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2, yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, dan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen-dosen Departemen Teknik Elektro serta staff dan karyawan, yang telah memberi didikan dan ilmu kepada penulis.
4. Teman-teman seperjuangan e-56, khususnya teman-teman tugas akhirku tim desain antena mikrostrip yang senantiasa menyemangati penulis dalam mengerjakan penelitian ini.
5. Teman-teman kontrakan (Bang Sumihar, Bang Angga, Bang David, Bang Fernando, Bang Hebron, Bang Petra, Bang Ricky, Rico Yosaphat, Bang Rafael, Bang Christian) yang selalu memperhatikan kesehatan dan kenyamanan penulis selama pengerjaan penelitian ini.

Penulis sadar bahwa tugas akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak yang harus diperbaiki. Saran kritik dan masukan dari seluruh pihak sangatlah penting terutama untuk berbagai kemungkinan pengembangan lebih lanjut, terima kasih.

Surabaya, Juni 2020



Wellfrid P. M. Harianja

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

PERNYATAAN KEASLIAN LEMBAR PERNGESAHAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Blakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
1.5 Tujuan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi	4
2 BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1 Antena	5
2.2 Antena Mikrostrip.....	5
2.2.1 Antena Mikrostrip Persegi (<i>Rectangular</i>).....	7
2.2.2 Elemen Pencatu Teknik <i>Line Feeding</i>	9
2.3 Parameter Antena	10
2.3.1 VSWR dan <i>Return loss</i>	10
2.3.2 <i>Bandwidth</i>	11
2.3.3 Pola Radiasi	12
2.3.4 Polarisasi.....	13
2.3.5 <i>Gain</i>	14

2.4	Teknik Slot-U	15
3	BAB 3 PERANCANGAN ANTENA	17
3.1	Alur Perancangan Antena.....	17
3.2	Penentuan Spesifikasi Antena	18
3.3	Perancangan Bagian Dasar Antena	19
3.3.1	Perancangan dengan Hasil Perhitungan.....	19
3.3.2	Optimalisasi bagian dasar antena.....	20
3.4	Perancangan Antena dengan Teknik Slot-U.....	20
3.4.1	Perancangan dengan hasil perhitungan.....	20
3.4.2	Optimalisasi Antena Mikrostrip Slot-U	20
3.5	Pengukuran Parameter Antena Fabrikasi	21
3.5.1	Metode Pengukuran Pengukuran <i>Return loss</i>	21
3.5.2	Metodologi Pengukuran Pola Radiasi.....	23
4	BAB 4 DATA DAN ANALISA	27
4.1	Bagian dasar Antena.....	27
4.1.1	S-Parameter dan VSWR	27
4.1.2	Pola radiasi antena	29
4.1.3	<i>Surface Current</i>	30
4.2	Optimalisasi Bagian Dasar Antena.....	31
4.2.1	S-Parameter dan VSWR	32
4.2.2	Pola Radiasi	34
4.2.3	<i>Surface Current</i>	35
4.3	Antena dengan Slot-U	36
4.3.1	S-Parameter dan VSWR.....	37
4.3.2	Pola Radiasi.....	38
4.3.3	<i>Surface Current</i>	40
4.4	Optimalisasi Antena dengan Slot-U	41

4.4.1	Optimalisasi Antena Slot-U tanpa menaikkan <i>Substrate</i>	41
4.4.2	Optimalisasi Antena Slot-U dengan Menambahkan Ruang Kosong	47
4.5	Hasil Pengukuran Antena yang Fabrikasi.....	57
4.5.1	Pengukuran S-Parameter dan VSWR.....	57
4.5.2	Pengukuran Pola Radiasi	60
4.6	Perbandingan Data Hasil Simulasi dan Pengukuran.....	60
4.6.1	Perbandingan Parameter Antena sebelum diberi Slot-U dan sesudah diberi Slot-U.....	60
4.6.2	Perbandingan Parameter Antena Slot-U sebelum Penambahan Elemen <i>Substrate</i> dan sesudah Penambahan Elemen <i>Substrate</i>	61
4.6.3	Perbandingan Parameter Antena Bagian Dasar dan Antena Slot-U setelah Penambahan Elemen <i>Substrate</i>	62
4.6.4	Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Antena Fabrikasi.....	63
5	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
	DAFTAR PUSTAKA	67
6	LAMPIRAN.....	69
	BIOGRAFI PENULIS	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar2.1	Bentuk-bentuk dari Patch Antena Mikrostrip lainnya [5] ...	6
Gambar2.2	Bentuk Antena Mikrostrip Persegi [5].....	9
Gambar2.3	<i>Patch</i> Antena Mikrostrip dengan Line Feeding [1]	9
Gambar2.4	<i>Bandwidth</i>	12
Gambar2.5	Pola Radiasi [1]	13
Gambar2.6	Antena Mikrostrip dengan Slot-U [6].....	16
Gambar3.1	Diagram Alur Perancangan Antena Mikrostrip <i>Rectangular Wideband</i> Polarisasi Ganda dengan Slot-U	17
Gambar3.2	<i>Vektor Network Analyzer</i> dan kabel coaxial	22
Gambar3.3	<i>Dummy load</i>	23
Gambar3.4	Ilustrasi posisi alat pada pengukuran	24
Gambar3.5	Busur acuan pengukuran pola radiasi dan kabel yang digunakan.....	25
Gambar3.6	Gambarantena <i>Horn</i> sebagai antena referensi	26
Gambar3.7	Penyangga non metal untuk menyangga antena referensi.	26
Gambar4.1	Desain Bagian Dasar	27
Gambar4.2	S-Parameter	28
Gambar4.3	VSWR Antena Bagian Dasar.....	28
Gambar4.4	Pola Radiasi Plot 3D.....	29
Gambar4.5	Pola radiasi Plot Polar.....	30
Gambar4.6	<i>Surface Current</i>	31
Gambar4.7	Bentuk antena bagian dasar setelah optimalisasi	32
Gambar4.8	S-Parameter Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi	33
Gambar4.9	VSWR Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi	33
Gambar4.10	Pola Radiasi Plot 3D Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi	35
Gambar4.11	Pola Radiasi Plot Polar Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi.....	35
Gambar4.12	<i>Surface Current</i> Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi	36
Gambar4.13	Bentuk Antena dengan Slot-U	37
Gambar4.14	S-Parameter Antena dengan Slot-U	38
Gambar4.15	VSWR Antena dengan Slot-U	38
Gambar4.16	Pola Radiasi Plot 3D Antena dengan Slot-U	39

Gambar4.17 Pola Radiasi Plot Polar Antena dengan Slot-U	40
Gambar4.18 <i>Surface Current</i> Antena dengan Slot-U	41
Gambar4.19 Bentuk Antena dengan Slot-U setelah optimalisasi	42
Gambar4.20 S-Parameter Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi	43
Gambar4.21 VSWR Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi	44
Gambar4.22 Pola Radiasi Plot 3D Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi	45
Gambar4.23 Pola Radiasi Plot Polar Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi	46
Gambar4.24 <i>Surface Current</i> Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi	47
Gambar4.25 Bentuk Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong	49
Gambar4.26 S-Parameter Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong	50
Gambar4.27 VSWR Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong	50
Gambar4.28 Pola Radiasi Plot 3D Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong	51
Gambar4.29 Pola Radiasi Plot Polar Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong	52
Gambar4.30 <i>Surface Current</i> Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong	53
Gambar4.31 Plot 3D Radiasi Polarisasi Ganda	54
Gambar4.32 Plot Polar Radiasi Polarisasi Ganda	54
Gambar4.33 Plot 3D dan Polar pola radiasi <i>Copolar</i>	55
Gambar4.34 Plot 3D dan Polar pola radiasi <i>crosspolar</i>	56
Gambar4.35 Antena Hasil Fabrikasi.....	57
Gambar4.36 S-Parameter Hasil pengukuran Antena Fabrikasi <i>port 1</i> .	58
Gambar4.37 S-Parameter Hasil pengukuran Antena Fabrikasi <i>port 2</i> .	58
Gambar4.38 VSWR Hasil pengukuran Antena Fabrikasi <i>port 1</i>	59
Gambar4.39 VSWR Hasil pengukuran Antena Fabrikasi <i>port 1</i>	59
Gambar4.40 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena.....	60
Gambar6.1 Loss Kabel Rigid Pendek.....	70
Gambar6.2 Kabel Rigid Pendek 30 cm	71
Gambar6.3 Loss Kabel Rigid Panjang 3,1 m.....	72

Gambar6.4 Kabel Rigid Panjang 3,1 m.....	72
Gambar6.5 Loss Kabel RG-58 10 m.....	73
Gambar6.6 Kabel RG-58 10 m	73
Gambar6.7 Penyangga Antena Referensi dengan Tinggi 1,24 m.....	74
Gambar6.8 Gambarpengukuran S-parameter dan VSWR.....	75
Gambar6.9 Gambarpengukuran Pola Radiasi	75

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Antena	18
Tabel 3.2 Spesifikasi Antena	19
Tabel 3.3 Ukuran Antena Bagian Dasar	19
Tabel 3.4 Ukuran Slot-U Antena Mikrostrip	20
Tabel 4.1 Dimensi Bagian Dasar Antena setelah Optimalisasi.....	32
Tabel 4.2 Dimensi Antena dengan Slot-U setelah optimalisasi	42
Tabel 4.3 Dimensi Antena dengan Slot-U setelah optimalisasi	48
Tabel 4.4 Perbandingan antena sebelum diberi slot-U dan sesudah	61
Tabel 4.5 Perbandingan Antena Sebelum dan Sesudah Dilakukan Penambahan Elemen <i>Substrate</i>	62
Tabel 4.6 Perbandingan Antena sebelum dan sesudah ditambahkan metode.....	63
Tabel 4.7 Perbandingan Antena Hasil Simulasi dan Hasil Fabrikasi....	64
Tabel 6.1 Jadwal Kegiatan.....	69
Tabel 6.2 Data Pengukuran Pola radiasi <i>port</i> 1	76
Tabel 6.3 Data Pengukuran Pola radiasi <i>port</i> 2	77

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman kebutuhan masyarakat akan komunikasi semakin meningkat. Sehingga diperkirakan teknologi yang ada saat ini tidak akan cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang sudah sangat besar. Karena itu diciptakanlah evolusi selanjutnya dari teknologi telekomunikasi sekarang yang disebut dengan 5G. 5G dirancang akan bekerja pada mm wave dimana harus digunakan ketika pengguna berada pada *Line of Sight* (LoS). Di Indonesia sendiri juga telah dibuat perencanaan pengimplementasian teknologi 5G. Iklim Indonesia yang memiliki curah hujan yang tinggi maka berbeda dengan negara lain sistem 5G akan bekerja pada frekuensi antara 2,6 GHz atau 3,5 GHz. Dikarenakan harus digunakan pada LoS sehingga diperlukan perangkat antena yang dapat dengan mudah di tempatkan agar bisa mencakup seluruh wilayah dan dapat difabrikasi sebanyak mungkin. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut pada penelitian ini akan menggunakan antena mikrostrip yang low profile, low weight dan murah. Antena mikrostrip memiliki banyak bentuk *patch* dan yang paling sering digunakan adalah *patch rectangular*[1].

Untuk memenuhi kebutuhan komunikasi yang besar diperlukannya *bandwidth* sebesar 700 MHz. Namun *bandwidth* dari antena mikrostrip yang biasa saja tidak bisa mencakup *bandwidth* yang diinginkan. Karena hal itu maka diperlukannya untuk memperbesar *bandwidth* dari antena dengan menggunakan metode yang dapat diaplikasikan pada antena mikrostrip. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode slot. Metode slot adalah metode yang mengubah arus permukaan dengan menciptakan celah pada *patch* antena. Celah *patch* pada metode ini memiliki banyak bentuk yang memiliki kegunaannya masing – masing. Dan bentuk slot yang berfungsi untuk memperlebar *bandwidth* adalah slot-U[1][2] karena pembuatannya yang tidak sulit dan pada literasi menunjukkan slot-U melebarkan *bandwidth* hingga 40%. Meskipun *bandwidth* antena sudah diperlebar namun dalam penggunaan *bandwidth* memerlukan penggunaan seefisien mungkin dan antena yang bekerja pada mm wave sangatlah sensitif terhadap lingkungannya dikarenakan hanya bisa bekerja pada *line of sight*. Antena dengan polarisasi ganda adalah

antena dengan *bandwidth* sistem yang dapat mengirim dan menerima polarisasi silang sehingga penggunaan *bandwidth* dapat lebih efisien[2] dan mengurangi efek sensitifitas lingkungan dari mm wave.

Pada tugas akhir ini akan dibuat desain antena mikrostrip berbentuk *rectangular* yang akan memiliki polarisasi ganda dan menggunakan slot-U untuk mendapatkan *bandwidth* sebesar 20% atau 700 MHz yang akan bekerja pada frekuensi 3,5 GHz. Desain dan simulasi dari antena akan dibuat menggunakan *software CST Microwave Studio 2017*. Fabrikasi dari desain akhir akan di uji parameternya dan akan dibandingkan dengan hasil simulasi.

1.2 Rumusan masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Bagaimana desain antena mikrostrip *rectangular wideband* dengan polarisasi ganda dan slot-U.
2. Menggunakan bahan yang mudah di dapatkan dipasar indonesia.
3. Bagaimana pengukuran performansi antena yang baik dan benar.

1.3 Batasan Masalah

Pengerjaan Tugas akhir ini memiliki batasan-batasan yaitu :

1. Frekuensi pengukuran yang digunakan terletak pada 3,5 GHz,
2. Bentuk *patch* antena *microstrip* yang digunakan adalah bentuk *rectangular*,
3. Metode pencatuan pada desain antena ini adalah metode *feeding line*,
4. Untuk meningkatkan lebar *bandwidth* menggunakan metode slot berbentuk huruf U,
5. Elemen *Substrate* pada antena berbahan FR-4 dan elemen *patch* berbahan *copper*.
6. Pengukuran dilakukan pada lingkungan *outdoor*.

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pencarian Literatur

Dalam tahap ini dilakukan pencarian referensi untuk membantu proses pengerjaan tugas akhir. Pencarian tersebut bertujuan untuk menyempurnakan desain antena agar sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan.

2. Penentuan Kriteria Desain Antena
Sebelum mendesain antena terlebih dahulu ditentukan kriteria desain antena seperti bentuk yang digunakan, *gain*, Polaradiasi, *SWR*, *bandwidth*.
3. Simulasi Desain Antena bagian dasar dan Slot-U
Semulasi dilakukan dengan menggunakan *software* CST. Bentuk desain pada simulasi ini adalah antena *microstrip array*.
4. Evaluasi Desain Antena
Pada tahap ini dilakukan analisa desain antena apakah sesuai dengan kriteria yang diinginkan
5. Optimasi Desain Antena
Desain akan dioptimalkan hingga mendapatkan hasil terbaik.
6. Realisasi Desain Antena
Pada tahap ini dilakukan fabrikasi antena *microstrip rectangular*.
7. Pengukuran Parameter Antena
Pengukuran akan dilakukan dengan alat Vektor Network Analyzer.
8. Bimbingan dan Penyusunan Laporan
Dilakukannya pembukuan hasil penelitian dan komsultasi dengan dosen pembimbing.

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan desain dan hasil simulasi CST antena mikrostrip *rectangular* dual polarisasi *wideband* dengan lebar *bandwidth* 20% atau 700 Mhz.
2. Mendapatkan hasil fabrikasi dari desain yang sudah disimulasikan.
3. Mendapatkan hasil pengukuran antena yang sudah di fabrikasi dan dibandingkan dengan hasil simulasi

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan tugas akhir ini dibagi sesuai keterangan dibawah ini

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab 1 membahas tentang latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah, metode, serta sistematika dari penelitian.

BAB 2 : DASAR TEORI

Pada Bab 2 berisi tentang dasar teori tentang antena yang akan di fabrikasi.

BAB 3 : PERANCANGAN

Pada bab 3 membahas tentang alur perancangan antena dan penjelasan tiap tahapnya.

BAB 4 : PENGUKURAN DAN ANALISA

Pada bab 4 akan dihasilkan hasil pengukuran antena simulasi dan antena fabrikasi serta analisa dari keduanya.

BAB 5 : PENUTUP

Untuk Bab 5 membahas tentang kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian. Bab 5 juga berisikan tentang saran untuk penelitian antena kedepannya mulai dari perancangan antena realisasi dan juga pengukuran agar dapat dikembangkan lagi.

1.7 Relevansi

Manfaat yang diharapkan dari hasil penulisan tugas akhir ini adalah hasil penelitian ini bisa dijadikan referensi untuk pengembangan antena 5G.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Antena

Sesuai dengan definisi dari kamus Webster Antena Merupakan perangkat metal yang dapat berbentuk balok ataupun kawat, yang digunakan untuk memancarkan atau menerima gelombang radio. Sedangkan definisi dari IEEE yang disebut dengan antena adalah sarana untuk memancarkan atau menerima sinyal sinyal radio. Dari kedua kalimat tersebut dapat kita pahami bahwa antena adalah perangkat yang akan mentransisikan gelombang radio ke ruang bebas. Dalam penggunaan antena memiliki saluran transmisi yang dapat berbentuk kabel coaxial atau *waveguide* yang berfungsi sebagai pembawa sinyal elektromagnetik dari pemancar ke penerima ataupun dari penerima ke pemancar.

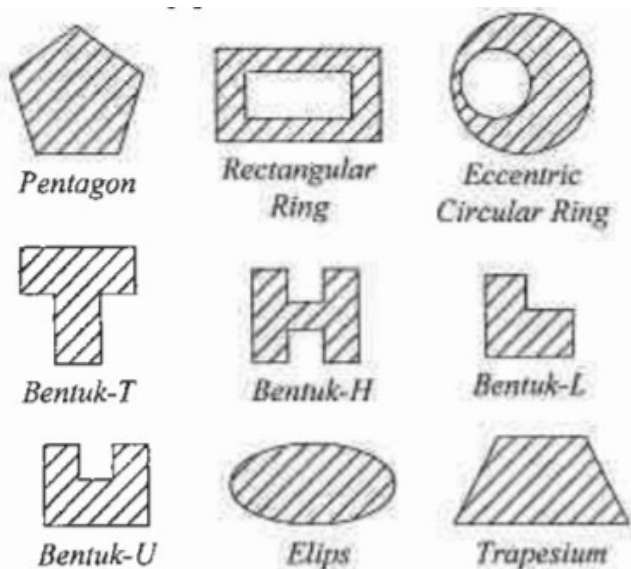
2.2 Antena Mikrostrip

Sejak ditemukannya antena pertama kali hingga saat ini telah banyak dirancang dan dikembangkan berbagai jenis antena. Salah satu jenis antena yang dikembangkan saat ini adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip adalah mulai dikembangkan pada tahun 1970an ini masih terus dikembangkan hingga saat ini. Antena yang dikenal sebagai antena *patch* atau antena *printed* konsep bentuknya adalah lempengan konduktor yang ditempelkan diatas lempengan konduktor lain namun dipisahkan oleh isolator (*Substrate*) [1][3][4].Antena mikrostrip adalah antena yang sedang populer saat ini dikarenakan bentuk dan ukuran yang sederhana, serta mudah diintegrasikan. Dalam hal teknologi terbaru tentu yang dibutuhkan adalah keefisienan dan kualitas yang terbaik.

Antena yang berbentuk kepingan ini memiliki karakteristik sebagai berikut, yaitu:

1. Berukuran kecil sehingga tidak banyak menggunakan ruang.
2. Biaya fabrikasi yang relative murah.
3. Dapat diintegrasikan dengan perangkat lain.
4. Dalam perancangannya dapat disesuaikan dengan parameter-parameter yang diinginkan seperti frekuensi, polarisasi dll.
5. *bandwidth*-nya yang sempit.
6. Daya radiasi yang rendah.

Antena mikrostrip terdiri dari 4 bagian utama yang pertama ada Elemen *Patch*. Elemen *Patch* adalah elemen paridasi yang akan memancarkan gelombang elektromagnetik yang terbuat dari bahan konduktor. Bentuk dari elemen *patch* bermacam-macam disesuaikan dengan penggunaannya. salah satunya bentuk persegi, persegi panjang dan dipole yang sering digunakan karena mudah dalam analisis dan fabrikasinya. Berikut adalah beberapa jenis bentuk *patch*.



Gambar2.1 Bentuk-bentuk dari *Patch* Antena Mikrostrip lainnya [5]

Bagian Selanjutnya ada elemen *Substrate*, Elemen *Substrate* merupakan bahan dielektrik pemisah *patch* dan ground line[1][3]. *Substrate* merupakan elemen yang mempengaruhi ukuran *patch* dan juga performansi antena. Semakin tinggi nilai konstanta dielektrik maka semakin besar ukuran *patch*.

Elemen Ketiga adalah Elemen saluran pencatu merupakan saluran penghubung *patch* dengan perangkat pengirim atau penerima sinyal antena. Teknik pencatuan pada antena mikrostrip dibedakan atas 2 bagian

yaitu pencatu langsung (*excited directly*) dan pencatu tidak langsung (*excited indirectly*). Untuk pencatuan tidak langsung memiliki banyak teknik namun pada Teknik pencatu langsung yang umumnya digunakan adalah :

- Saluran Mikrostrip (*microstrip line*)
Teknik pencatuan saluran mikrostrip adalah teknik yang lebih mudah untuk dibuat. Karena berbentuk bidang dan yang terhubung dengan *patch* sehingga dianggap sebagai bagian dari *patch*. Teknik ini memiliki desain yang sederhana dan mudah untuk *dimatch*. Kekurangan dari teknik ini adalah bertambahnya ketebalan *Substrate*, gelombang permukaan dan radiasi *Spurious feed* yang akan membatasi *bandwidth*[1][3].
- Pencatu *Coaxial Feeding*
Dalam teknik ini bagian dalam konduktor dari *coaxial line* terhubung dengan *patch* antena dengan menembus *Substrate* sedangkan ujungnya terhubung dengan *Ground Plane*. Keuntungan dari teknik pencatuan ini adalah udah difabrikasi, mudah dipasangkan, dan juga *spurious feed* yang rendah[1][3].

Elemen terakhir adalah elemen pertanahan (*Ground Plane*), Sama seperti namanya *Groundplane* adalah pembumian pada antena mikrostrip. Elemen ini biasanya menggunakan jenis material yang sama dengan elemen peradiasi dengan bentuk dan ukuran yang berbeda. *Gaound plane* pada umumnya menutupi seluruh bagian bawah dari antena mikrostrip. Ada beberapa teknik modifikasi dari *groundplane* yang mampu meningkatkan performansi antena mikrostrip contohnya DGS (*Defected Ground Structure*), PBG (*Photonic Band Gap*) dll [1][3].

2.2.1 Antena Mikrostrip Persegi (*Rectangular*)

Antena mikrostrip ini berbentuk persegi dimana ke-4 sisinya berukuran sama. Hal dikarenakan untuk antena polarisasi ganda jalur arus kedua *port* diusahakan sama agar kedua antena memiliki kinerja yang sama hanya polarisasinya yang berbeda. Antena bentuk persegi ini memiliki karakteristik yang mudah untuk dianalisis, mudah di fabrikasi dan memiliki radiasi yang baik. Antena ini juga dapat dimodifikasi agar memenuhi spesifikasi yang kita butuhkan. Dalam pembuatan *patch* untuk frekuensi tertentu digunakan persamaan berikut [1]:

Lebar *patch*

$$W = \frac{1}{2 f_r \mu_0 s_0} \sqrt{\frac{2}{s_r + 1}} = \frac{c}{2 f_r} \sqrt{\frac{2}{s_r + 1}} \quad (2.1)$$

Konstanta dielektrik relatif

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{s_r + 1}{2} + \frac{s_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12 \times h^{-1}}{W}\right)^{-2} \quad (2.2)$$

Panjang *patch*

$$L = \frac{1}{2 f_r \epsilon_{\text{reff}} \mu_0 s_0} - 2 \Delta \square \quad (2.3)$$

$$\square_{\text{eff}} = \frac{c}{2 f_r \epsilon_{\text{reff}}} \quad (2.4)$$

$$\Delta \square = 0.412 h \frac{(s_{\text{reff}} + 0.3) + \left(\frac{W}{h}\right)^{0.264}}{(s_{\text{reff}} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (2.5)$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2 \Delta L \quad (2.6)$$

Keterangan :

c = kecepatan gelombang elektromagnetik diruang bebas (3×10^8 m/s).

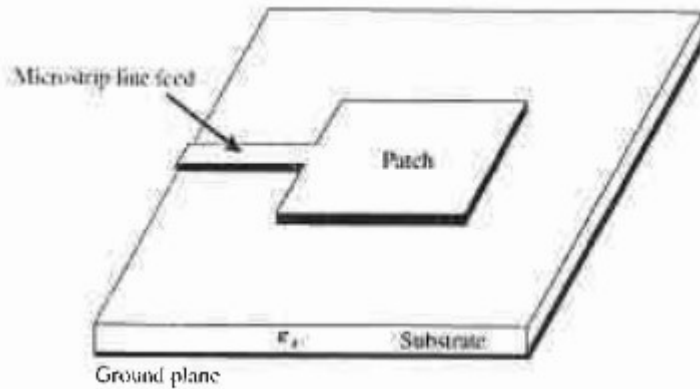
f_r = frekuensi resonansi (frekuensi kerja) antena.

\square_r = konstanta dielektrik *Substrate*

h = ketebalan *Substrate*

L_{eff} = panjang *patch* efektif

$\Delta \square$ = merupakan perbedaan panjang antara L dan L_{eff} , dan \square_{reff} merupakan konstanta dielektrik relative

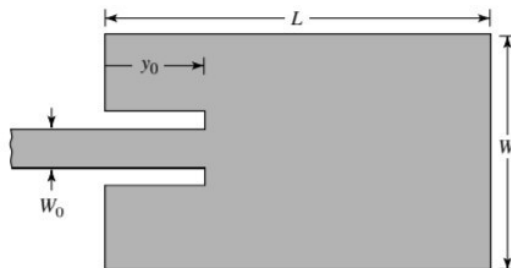


Gambar2.2 Bentuk Antena Mikrostrip Persegi [5]

2.2.2 Elemen Pencatu Teknik *Line Feeding*

Pencatu dari *patch* berbentuk sebuah strip dengan lebar W_0 dan ground plane, keduanya dipisahkan dengan substrat yang memiliki permitivitas relative dan tebal (h). Dalam penggunaan teknik ini perlu diperhatikan penambahan impedansi karakteristik dari mikrostrip dikarenakan penambahan elemen dari *patch*.

Untuk mendapatkan lebar dan panjang yang sesuai dari *Line feeding* dilakukan dengan melakukan perhitungan berikut [1]:



Gambar2.3 *Patch* Antena Mikrostrip dengan Line Feeding [1]

$$\frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} - 1 - \frac{1}{2} \left(2 \frac{1}{2} - 1 \right) + s_r^{-1} \left(\frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{2} - 1 \right\} + 0.39 \right) \right] \quad (2.7)$$

$$\frac{1}{h} \geq 2$$

Nilai B berasal dari :

-
-
-
-
-

$$\frac{1}{2Z_0 \sqrt{s_r}} \quad (2.8)$$

Panjang Pencatu (L_0)

$$\frac{1}{4f_0 \sqrt{s_r}} \quad (2.9)$$

Kedalaman dari feedline ke *patch* :

$$\frac{L}{2(G_1 + G_1)} \left(\frac{Z_0}{\dots} \right) \quad (2.10)$$

Dengan Z_0 yang merupakan impedansi karakteristik dan

$$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \quad (2.11)$$

dengan $X = KoW$ dan $\frac{1}{B} = 2n$

$$\frac{1}{120n^2} \int_0^{\frac{X}{2 \cos 8}} n \left[\frac{\sin(\frac{X}{2 \cos 8})}{2} \right]^2 \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{2} \right) \quad (2.12)$$

2.3 Parameter Antena

Dalam Perancangan antena perlu diketahui parameter-parameter hasil kinerja dari antena tersebut. Parameter-parameter tersebut adalah :

2.3.1 VSWR dan *Return loss*

VSWR adalah rasio antara gelombang berdiri maksimum dan minimum. VSWR adalah parameter yang menjadi penentu matching antara antena dan saluran transmisi. VSWR yang terbaik bernilai 1 dimana tidak ada daya yang terpantul, namun dalam prakteknya VSWR bernilai dibawah 2

sudah cukup bagus. Berikut adalah rumus mencari VSWR dengan fungsi koefisien refleksi(Γ) [1].

$$V_{\text{Max}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} V_{\text{Min}} \quad (2.13)$$

Return loss merupakan perbandingan antara amplitudo dengan gelombang yang dipantulkan terhadap gelombang amplitudo yang dikirim atau bisa disebut sebagai rugi-rugi transmisi. *Return loss* dapat diperoleh dengan [1]:

$$RL = -20 \log \Gamma \quad (2.14)$$

2.3.2 Bandwidth

Bandwidth adalah rentang frekuensi kerja dari suatu antenna dimana diluar dari rentang tersebut tidak dapat digunakan karena tidak sesuai dengan standart. Sehingga semakin besar *bandwidth* yang dimiliki suatu antenna, maka akan semakin banyak data yang bisa dikirimkan. Karena itu *bandwidth* mejadi salah satu parameter yang penting untuk menilai kualitas dari suatu antenna. Hasil pada simulasi dan pengukuran didapatkan dalam bentuk gambar. Dari angka yang tampilkan pada gambar, *bandwidth* dapat dinyatakan dalam bentuk persen dari frekuensi kerja antenna. Ukuran *bandwidth* bisa di dapatkan dengan [1]:

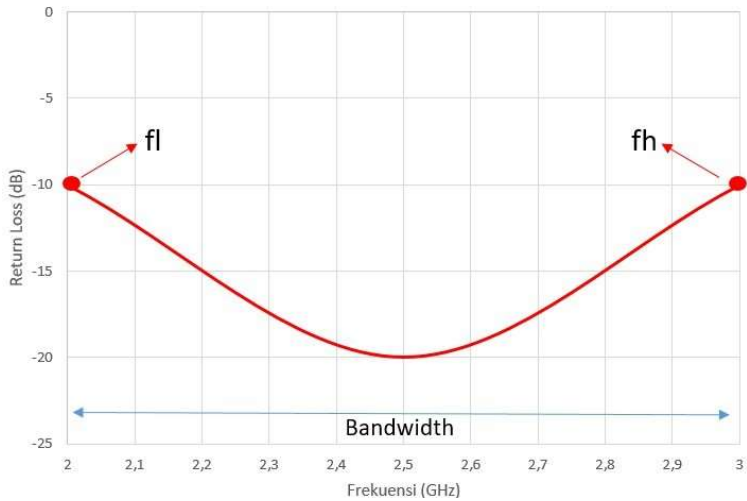
$$\text{Bandwidth} = \frac{f_K - f_L}{f_c} \times 100\% \quad (2.15)$$

Keterangan :

f_H = frekuensi tertinggi atau frekuensi atas

f_L = frekuensi ter-rendah atau frekuensi bawah

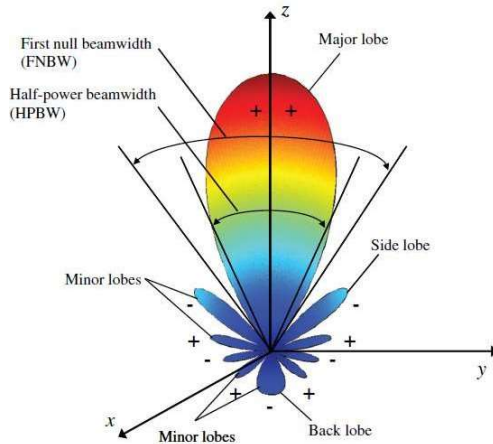
f_c = frekuensi resonansi atau frekuensi kerja



Gambar2.4 *Bandwidth*

2.3.3 Pola Radiasi

Pola radiasi antenna merupakan representasi grafik yang menunjukkan pancaran energi antenna dalam koordinasi ruang. Pola radiasi antenna mempunyai beberapa parameter yang posisinya ditunjukkan dalam Gambarberikut, yaitu [1]:



Gambar2.5 Pola Radiasi [1]

1. *Major lobe*, bagian pola radiasi pada arah tertentu yang memiliki nilai radiasi maksimum.
2. *Minor lobe*, yang terdiri dari side lobe dan back lobe, yaitu bagian pola radiasi yang tidak diinginkan.
3. *Beamwidth*, yang terdiri dari HFBW(*Half Power Beamwidth*) dan FNBW (*First Null Beamwidth*) yaitu lebar berkas diantara sisi-sisi *major lobe*.

Pola radiasi apabila dilihat dari pola radiasinya dikelompokkan menjadi 3 yaitu *isotropic*, *directional*, dan *omnidirectional*

- *Isotropik*

Suatu antenna yang berhipotesa memiliki sifat *lossless* dan mempunyai radiasi yang sama ke segala arah.

- *Directional*

Antena yang memancarkan atau menerima kea rah tertentu saja.

- *Omnidirectional*

Antena jenis ini memiliki daya pancar yang sama kuat ke beberapa bidang saja.

2.3.4 Polarisasi

Polarisasi antena merupakan arah medan listrik yang diradiasikan antena pada suatu arah tertentu yang merujuk pada *ground*. Polarisasi dikelompokkan sebagai :

- Polarisasi Linier

Polarisasi linier terbentuk ketika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang yang memiliki vektor medan elektrik pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada setiap waktu

- Polarisasi Melingkar

Polarisasi melingkar terbentuk ketika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik pada titik tersebut berada pada jalur yang melingkar sebagai fungsi waktu[2]. Polarisasi melingkar terbagi menjadi dua yaitu *left-hand circular polarization* (LHCP) dan *right-hand circular polarization* (RHCP). LHCP terjadi saat $\delta = \pi/2$ sedangkan RHCP terjadi pada saat $\delta = -\pi/2$.

- Polarisasi Elips

Polarisasi elips terbentuk ketika gelombang yang berubah terhadap waktu memiliki vektor medan elektrik yang berada pada jalur kedudukan elips pada suatu ruang.

2.3.5 Gain

Gain secara absolut pada sebuah antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antena teradiasi secara isotropic. Dalam mencari *gain* digunakan rumus berikut [1].

$$G(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2.16)$$

Keterangan :

U = intensitas radiasi

P_m = Daya Input

Gain secara relatif pada antena didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antena

referensi pada arah tertentu, dengan daya masukan sama pada kedua antena, namun antena referensi merupakan sumber isotropic yang lossless $P_{in}(\text{lossless})$.

$$\frac{U_m}{P_{in}(\text{lossless})} = 4 \frac{U_N}{P_{in}(\text{lossless})} \quad (2.17)$$

Keterangan :

U_m = Intensitas radiasi

$P_{in}(\text{lossless})$ = Daya input antena isotropic lossless

2.4 Teknik Slot-U

Slot adalah salah satu teknik yang biasa digunakan dalam pembuatan antena mikrostrip. Slot adalah teknik dengan menciptakan celah pada elemen *patch* antena. Teknik ini sering digunakan karena mudah untuk diterapkan dan juga karena memiliki banyak fungsi. Fungsi dari slot tergantung dari bentuk celah yang dibuat pada *patch*. Untuk meningkatkan *bandwidth* dapat digunakan slot-U. Alasan mengapa pemasangan slot-U dapat meningkatkan *bandwidth* adalah karena slot-U dapat mengurangi induktansi yang ada pada feed. Kegunaannya yang lain adalah dengan menambahkan frekuensi resonan antena sehingga apabila digunakan dengan tepat slot-U bisa menghasilkan *bandwidth* yang besar, dual band, ataupun triple band.

Gambar di atas adalah skema slot-U pada elemen *patch*, dan untuk ukuran yang diinginkan bisa didapatkan dari [6]:

Ketebalan Slot-U (E)

$$E = \frac{60}{\beta_{rec}} \quad (2.18)$$

Lebar Slot-U (D)

$$D = \frac{v_0}{2\Delta f \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2(\dots) \quad (2.19)$$

Menentukan panjang Slot-U (C)

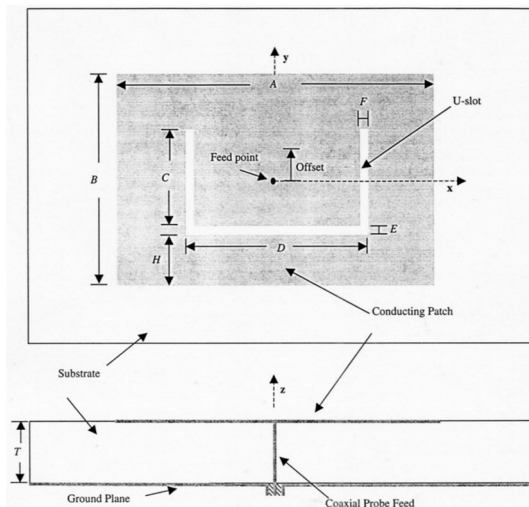
$$\frac{C}{D} \geq 0.75 \quad (2.20)$$

Menentukan konstanta dielektrik relatif

$$\epsilon_{\text{reff(pp)}} = \frac{s_r+1}{2} + \frac{s_r-1}{2} \left[1 + \frac{12h}{D-2E} \right]^{-1/2} \quad (2.21)$$

Menghitung Jarak Slot-U (H)

$$H = \frac{V_0}{f_u} - (2C + D) \epsilon_{\text{reff(pp)}} \quad (2.22)$$

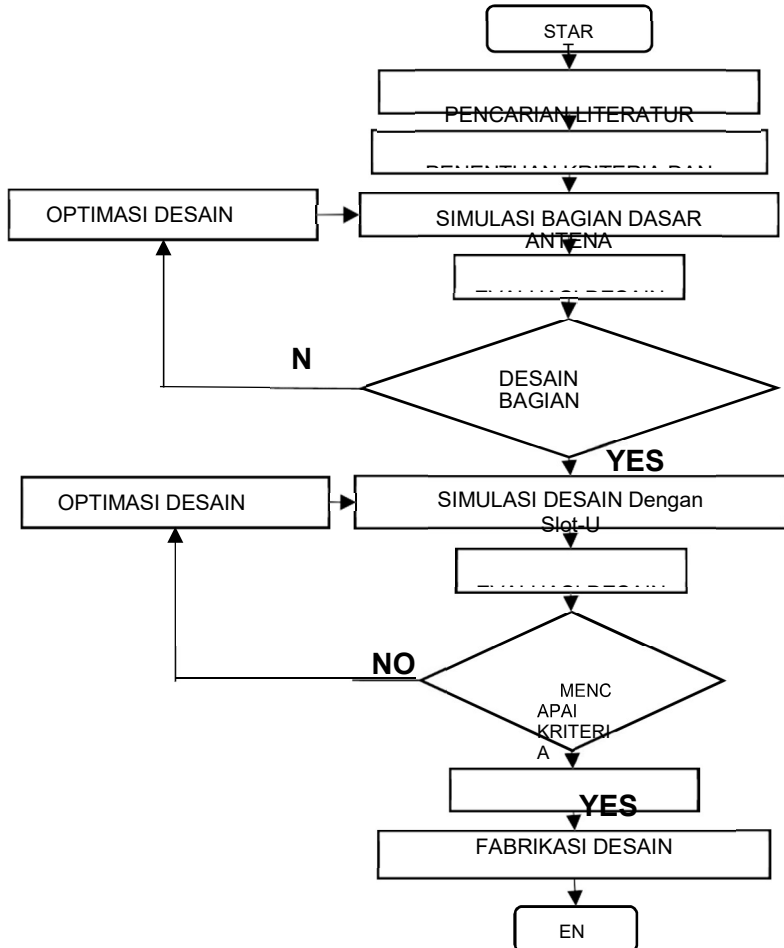


Gambar2.6 Antena Mikrostrip dengan Slot-U [6]

Dalam pengaplikasiannya masih diperlukan optimasi karena hasilnya masih mungkin tidak sesuai dengan lebar *patch* sehingga untuk penyesuain dapat mengganti nilai C hingga sesuai dengan ukuran pada *patch*.

BAB 3 PERANCANGAN ANTENA

3.1 Alur Perancangan Antena



Gambar3.1 Diagram Alur Perancangan Antena Mikrostrip *Rectangular Wideband* Polarisasi Ganda dengan Slot-U

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses perancangan antenna mikrostrip dengan dua polarisasi dengan *bandwidth* yang *wideband*. Pembuatannya sesuai dengan alur pada Gambar 3.1

Proses pembuatan dimulai dengan menentukan kriteria antenna yang akan dibuat, dari kriteria tersebut dengan bantuan software CST Microwave Studio 2017 dapat dilakukan simulasi antenna. Tahap pertama adalah dengan merancang elemen-elemen dasar dari antenna mikrostrip. Bagian dasar tersebut adalah *patch*, *Substrate*, pencatu, dan elemen *ground*. Hasil simulasi dari bagian dasar akan diamati dan akan dilakukan pengoptimalan. Setelah bagian dasar antenna dianggap optimal maka pada tahap selanjutnya adalah merancang desain antenna dengan slot-U. Hasil dari desain antenna dengan slot-U haruslah memenuhi kriteria-kriteria yang telah ditentukan diawal, apabila tidak memenuhi maka akan dilakukan optimalisasi hingga kriteria terpenuhi.

Tahap selanjutnya adalah realisasi antenna hasil simulasi, dan melakukan pengukuran pada antenna yang telah direalisasi. Hasil dari pengukuran akan dibandingkan dengan hasil dari simulasi dan dianalisa.

3.2 Penentuan Spesifikasi Antena

Perancangan antenna diawali dengan menentukan parameter-parameter yang ingin dicapai dari antenna. Dalam pembuatan antenna di tugas akhir ini parameter yang diinginkan dapat dilihat di tabel 3.1 .

Tabel 3.1 Parameter Antena

Parameter	Keterangan	Satuan
<i>Bandwidth</i>	$\geq 20\%$	Mhz
<i>Return loss</i>	≤ -10	dB
VSWR	< 2	-
Polarisasi	Ganda (vertical dan horizontal)	-
<i>Gain</i>	≥ 2	dB

Setelah mengetahui parameter yang diinginkan perlu untuk mengetahui spesifikasi antenna untuk dijadikan acuan simulasi pada

software CST STUDIO SUITE 2017. Spesifikasi dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah.

Tabel 3.2 Spesifikasi Antena

Parameter	Keterangan	Satuan
Frekuensi	3,5	Ghz
<i>Patch</i>	Tembaga	-
<i>Substrate</i>	FR-4 Epoxy	-
Ketebalan <i>Substrate</i>	1,6	mm
Konstanta dielektrik	4,3	-
Metode Pencatuan	Feeding Line	-

3.3 Perancangan Bagian Dasar Antena

3.3.1 Perancangan dengan Hasil Perhitungan

Pada Tahap ini dilakukan perhitungan untuk mendapatkan besaran-besaran yang diperlukan dalam merancang ke-4 elemen dasar dari antena. Untuk mendapatkan ukuran *patch*, *Substrate* dan *ground* menggunakan persamaan pada 2.1 hingga 2.5. Untuk pencatuan feedline menggunakan persamaan 2.6 hingga 2.11. Hasil akhir dari persamaan dapat dilihat dalam tabel 3.4.

Tabel 3.3 Ukuran Antena Bagian Dasar

Variabel	Hasil (mm)	Keterangan
W_p	26,3269	Panjang <i>Patch</i>
L_p	18,0637	Lebar <i>patch</i>
W_g	$\geq 35,9269$	Panjang Antena
L_g	$\geq 27,6637$	Lebar antena
F_i	6,6244	Kedalaman feedline
W_{F1}	3,0389	Lebar feedline
L_{F1}	10,3338	Panjang Feedline
P_g	0,12837	Lebar Gap Feedline

Karena antena yang dirancang memiliki polarisasi ganda dengan kata lain kinerja dari *port 1* dan *port 2* harus memiliki hasil yang sama atau mendekati maka bentuk *patch* yang digunakan adalah bentuk persegi. Dalam perancangan ini yang digunakan sebagai ukuran sisi persegi adalah lebar *patch*. Hasil perhitungan pada panjang feedline 10,3338 tidak sesuai

dikarenakan tidak mencapai ujung dari sisi antenna maka panjang feedline harus di tambah menjadi 1,4244 mm.

3.3.2 Optimalisasi bagian dasar antenna

Setelah merancang bagian dasar antenna sesuai dengan perhitungan selanjutnya adalah meningkatkan kualitas dari antenna apabila belum memenuhi parameter yang diinginkan atau antenna yang di desain belum mencapai hasil maksimal. Pengoptimalan antenna dilakukan dengan mengubah variable pada desain antenna. Setelah variable yang diubah tidak mempengaruhi hasil atau sudah maksimal maka optimasi dianggap berhasil.

3.4 Perancangan Antenna dengan Teknik Slot-U

3.4.1 Perancangan dengan hasil perhitungan

Pada tahap ini digunakan persamaan 2.18 hingga 2.22 untuk mendapatkan ukuran dari slot-U. Dari persamaan di atas di dapatkan nilai pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Ukuran Slot-U Antenna Mikrostrip

Variabel	Hasil (mm)	Keterangan
E	1	Tebal slot-U
D	7,6788	Panjang slot-U
C	6,1414	Lebar slot-U
H	11,3631	Jarak slot-U bagian bagian bawah ke ujung antenna

Sama hal dengan perancangan bagian dasar pada perancangan slot-U. Untuk mendapatkan kinerja *port 1* dan *port 2* yang sama atau mendekati bentuk slot-U juga disesuaikan bentuknya. Ukuran sisi slot-U yang digunakan adalah lebar slot-U.

3.4.2 Optimalisasi Antenna Mikrostrip Slot-U

Pengoptimalan parameter antenna yang telah di beri slot-U dilakukan dengan tidak hanya dengan mengubah variabel-variabel dari slot-U. Variabel-variabel dari antenna juga di ubah guna mendapatkan hasil terbaik. Diubahnya variabel-variabel dari antenna dikarenakan dengan adanya slot-U maka *surface current* dari antenna juga akan berubahakibat

dari adanya daerah slot yang tidak bisa dilalui oleh arus. Perubahan variabel akan dilakukan hingga hasil terbaik didapatkan. Dalam pengoptimalan slot-U agar mencapai *wideband* bisa juga dengan menambah ukuran *Substrate*. Namun dalam realisasinya *Substrate* yang ada di pasaran hanya setinggi 1,6. Untuk menggantikan *Substrate* yang tidak bisa di naikan tingginya bisa dengan memisahkan *patch* dan *ground*.

3.5 Pengukuran Parameter Antena Fabrikasi

Pada pengukuran parameter antena yang dilakukan ada 2 tahap. Tahap pertama adalah pengukuran S-parameter dan VSWR dari antena di tiap *port*-nya. Pengukuran dilakukan dengan *Vector Network Analyzer* (VNA) di sambungkan dengan *port* antena dan *dummy load* pada *port* yang lain. Pada tahap kedua mengukur pola radiasi dari antena. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Vector Network Analyzer* dan menggunakan antena referensi.

3.5.1 Metode Pengukuran Pengukuran *Return loss*

1. Pengukuran ini menggunakan VNA dan kabel coaxial.
2. Selanjutnya hubungkan VNA dengan menggunakan kabel coaxial ke *port* antena yang akan diukur S-parameter dan VSWRnya.
3. Pasang *dummy load* pada *port* lainnya.
4. Pada VNA input batas bawah dan batas atas frekuensi yang akan diukur. Pada pengukuran ini batas bawah 1GHz dan batas atas 9GHz.
5. Untuk mengukur ada 2 format yang digunakan. Format *log made* dan *VSWR*.
6. Pada format *log made* mengukur *return loss* antena. Dan nilai *return loss* yang kurang dari -10dB adalah *bandwidth* dari antena.
7. Untuk menampilkan data pada layar display pilih format S11
8. Setelah hasil tampil pada layar VNA tekan *Hold/run* untuk menghentikan pengukuran sementara agar dapat diamati.
9. Gunakan marker untuk mengecek posisi dan keterangan dari tiap titik.
10. Tekan *save* untuk menyimpan data dari antena. Data disimpan dalam bentuk Gambardan CSV.

11. Setelah data di simpan gunakan format VSWR untuk pada data yang sama untuk mengukur VSWR dari antena.
12. Tekan *save* untuk menyimpan data dari antena. Data disimpan dalam bentuk Gambardan CSV.
13. Selanjutnya sambungkan VNA dengan *port 2* dan *dummy load* pada *port 1*.
14. Ulangi tahap 7-12 untuk mengukur S-parameter dan VSWR *port 2*.



Gambar3.2 *Vektor Network Analyzer* dan kabel coaxial

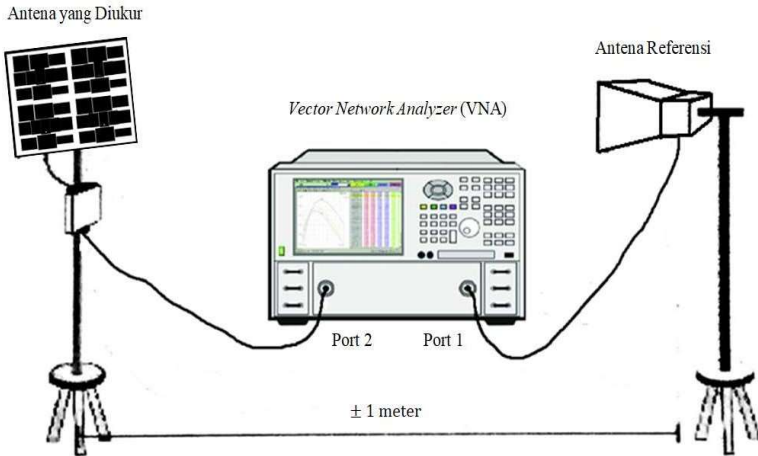


Gambar3.3 *Dummy load*

3.5.2 Metodologi Pengukuran Pola Radiasi

Perlengkapan yang dibutuhkan adalah *Vector Network Analyzer* (VNA), kabel coaxial, antena referensi, penyangga non metal dan busur sebagai acuan untuk memutar antena.

1. Sama dengan pengukuran sebelumnya *port* antena yang tidak diukur akan di beri *dummy load*.
2. *Port* antena yang diukur disambungkan dengan kabel *coaxial* pada *port* 1 VNA.
3. *Port* 2 VNA di sambungkan dengan antena referensi sehingga akan terlihat seperti Gambar3.5



Gambar3.4 Ilustrasi posisi alat pada pengukuran

4. Untuk jarak antara antena dan antena referensi haruslah memenuhi jarak minimum medan jauh.

$$r_{\min} > \frac{2D^2}{h} \quad (4.1)$$

Ket :

r_{\min} = Jarak minimum medan jauh

D = Panjang diagonal dimensi antena

λ = Panjang gelombang antena

5. Antena yang diukur haruslah menghadap 0° pada pengukuran pertama.
6. Tahap selanjutnya adalah memasukkan frekuensi batas bawah dan batas atas dari pengamatan. Pada frekuensi bawah di input 1 GHz dan pada frekuensi atas diinput 9GHz.
7. Untuk menampilkan data pada layar *display* tekan S21 yang akan menampilkan daya yang diterima antena.

8. Catat hasil dari layar display VNA tuliskan atau simpan hasil dalam bentuk csv/gambar.
9. Setekah mencatat hasil pada layar putar antenna sebesar 10° dan ulangi tahap 7 dan 8 hingga posisi antenna kembali ke 0°



Gambar3.5 Busur acuan pengukuran pola radiasi dan kabel yang digunakan.



Gambar3.6 Antena *Horn* sebagai antena referensi

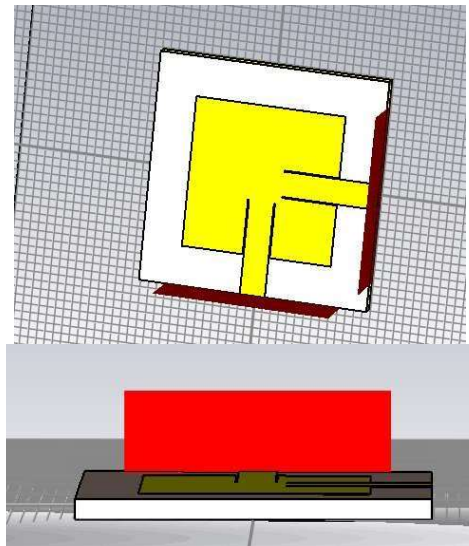


Gambar3.7 Penyangga non metal untuk menyangga antena referensi

BAB 4 DATA DAN ANALISA

4.1 Bagian dasar Antena

Bentuk antena bagian dasar hasil perhitungan pada simulasi *software CST STUDIO SUITE 2017* ditunjukkan pada Gambar4.1 Dengan *port 1* berada pada sisi bawah antena dan *port 2* pada sisi kiri dari antena dengan acuan Gambar4.1.

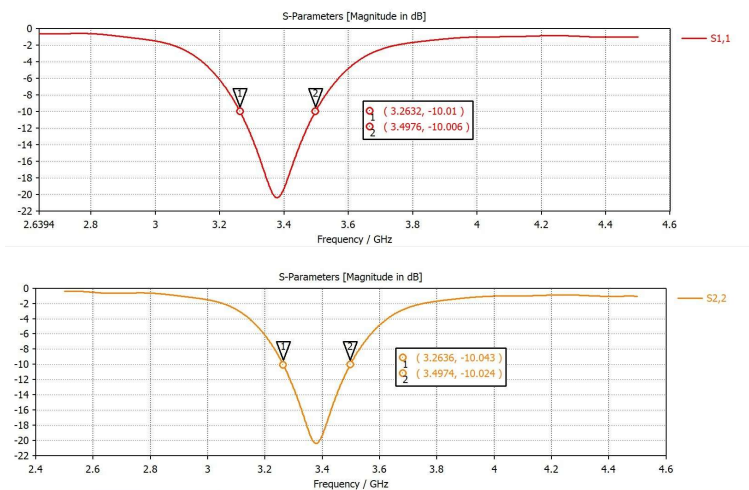


Gambar4.1 Desain Bagian Dasar

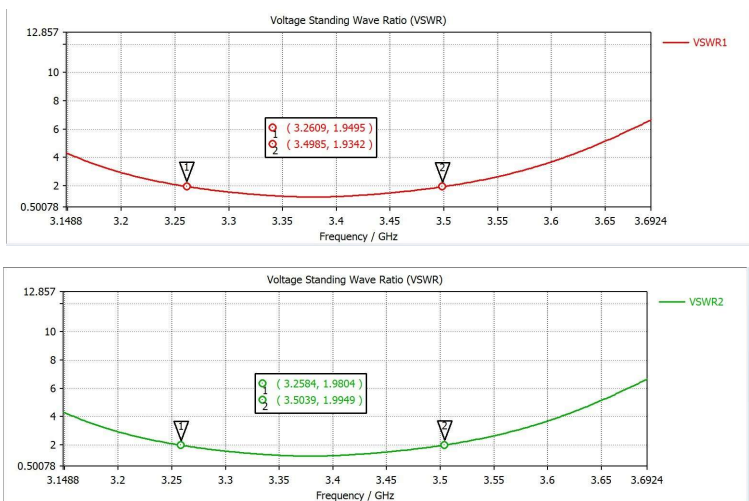
4.1.1 S-Parameter dan VSWR

Simulasi S-Parameter digunakan untuk menunjukkan *return loss* dalam bentuk grafik. *Bandwidth* antena adalah daerah dengan *return loss* bernilai -10 dB kebawah. Dari Gambar4.2 dapat dilihat *bandwidth* antena berada pada 3,2632 – 3,4976 GHz. Selain *bandwidth*-nya yang masih 6% dari frekuensi kerja juga antena tidak mencakup frekuensi kerja yang diinginkan yaitu pada 3,5 GHz. Sehingga hasil berikut tidak sesuai dengan parameter yang diinginkan. Dari Gambar4.3 nilai VSWR pada *bandwidth*

sudah bernilai < 2 sesuai dengan yang diinginkan. Namun rentangnya masih belum mencukupi 20% dari frekuensi kerja.



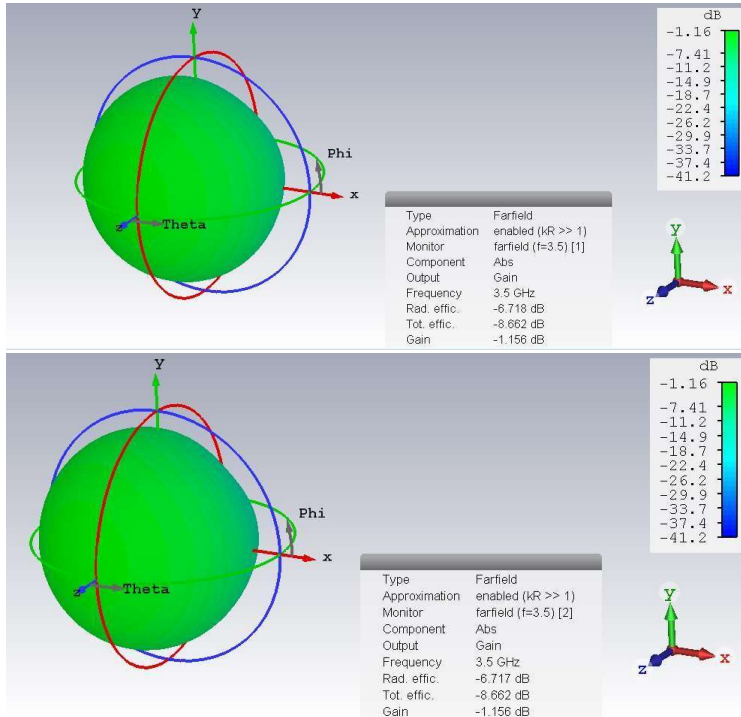
Gambar4.2 S-Parameter



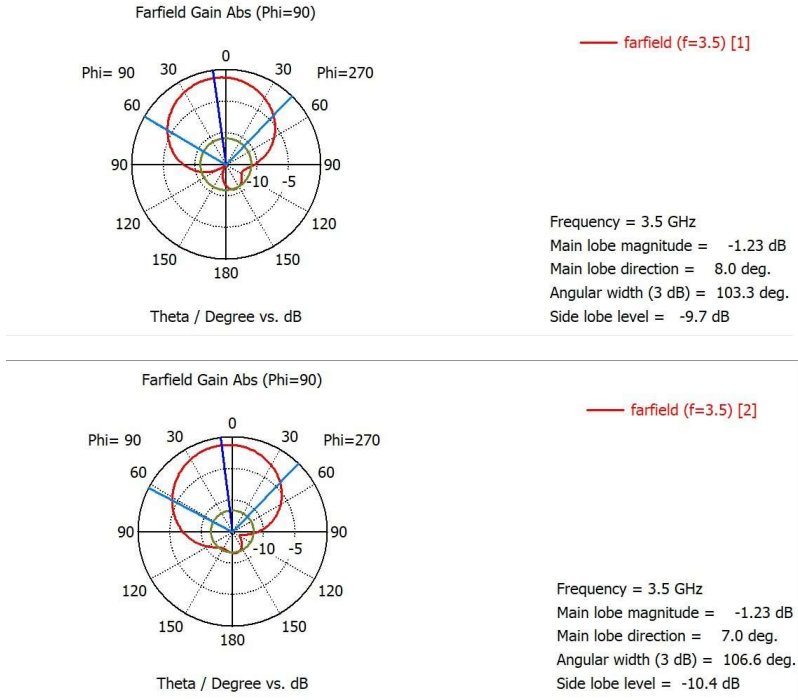
Gambar4.3 VSWR Antena Bagian Dasar

4.1.2 Pola radiasi antena

Pola radiasi Antena dari simulasi dapat dilihat dalam plot 3D dan plot polar. Untuk hasil plot 3D dapat dilihat pada Gambar4.4 dan untuk plot polar dapat dilihat pada Gambar4.5. Dari Gambar4.4 diatas bisa kita lihat *gain* antena masih sangat kecil. Keduanya *port* memiliki *gain* -1,156 tidak memenuhi parameter yang diinginkan yaitu > 2 . Sedangkan pada plot polar Gambar4.5 bisa di lihat bentuk perbedaan farfield *Gain* diantara kedua *port* dari Gambar. Pada *port 1* *main lobe* mengarah 8° ke kiri dan *side lobe* antena -9,7 dB dan *half beam power* (HPBW) pada $103,3^{\circ}$. Pada *port 2* *main lobe* mengarah 7° ke kiri dan *side lobe* antena -10.4 dB dan *half beam power* (HPBW) pada $106,6^{\circ}$.



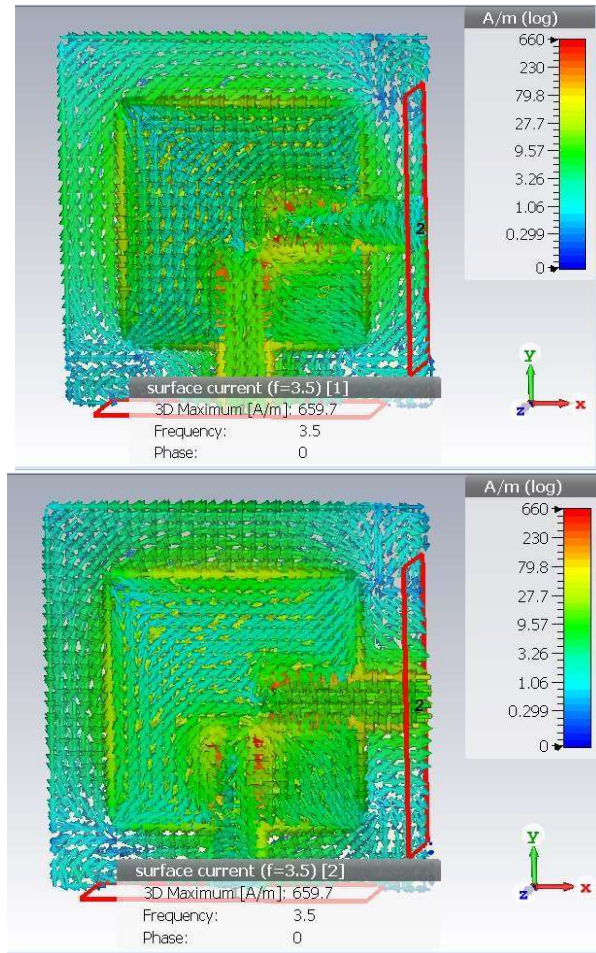
Gambar4.4 Pola Radiasi Plot 3D



Gambar4.5 Pola radiasi Plot Polar

4.1.3 Surface Current

Surface current menunjukkan distribusi listrik permukaan antenna dengan menunjukkan density arus pada bagian-bagian antenna. Dapat dilihat dari Gambar4.6 ada titik yang berwarna merah, kuning hijau dan biru. Dititik merah menunjukkan *density* arus yang besar dan titik biru menunjukkan *density* arus yang kecil. Dimana dari *surface current* dapat ditentukan polarisasi dari antenna *port 1* memiliki polarisasi vertikal yaitu pada bagian atas Gambardan *port 2* memiliki polarisasi horizontal bagian bawah gambar.



Gambar4.6 *Surface Current*

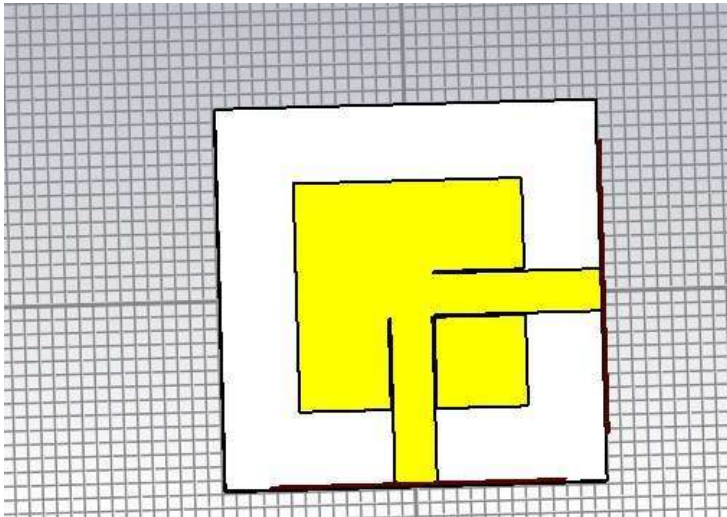
4.2 Optimalisasi Bagian Dasar Antena

Dikarenakan hasil dari desain antena masih belum maksimal maka dilakukan optimalisasi dengan mengubah variable-variabel yang ada. Hasil akhir dari optimalisasi bisa di lihat dalam tabel 4.1 dan pada Gambar 4.7 adalah bentuk dari antena pada simulasi dimana ukuran *patch*

dikecilkan, karena pengecilan *patch* maka dilakukan penambahan panjang *feedline*, penambahan lebar *feedline*, dan pengurangan lebar *gap*.

Tabel 4.1 Dimensi Bagian Dasar Antena setelah Optimalisasi

Variabel pada CST	Hasil perhitungan (mm)	Keterangan
Lp	16,5637	Panjang sisi <i>patch</i>
Lg	$\geq 27,6637$	Panjang sisi antena
Fi	6,6244	Kedalaman <i>feedline</i>
WFl	3,05	Lebar <i>feedline</i>
LFl	12,17405	Panjang <i>Feedline</i>
Pg	0,13244	Lebar Gap <i>Feedline</i>

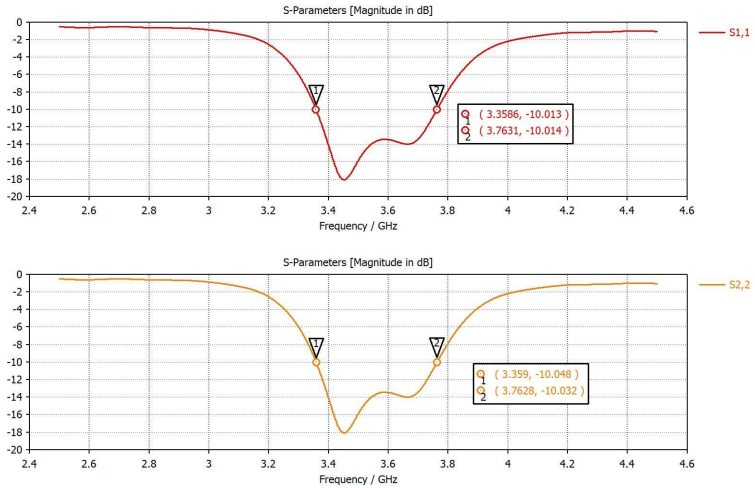


Gambar4.7 Bentuk antena bagian dasar setelah optimalisasi

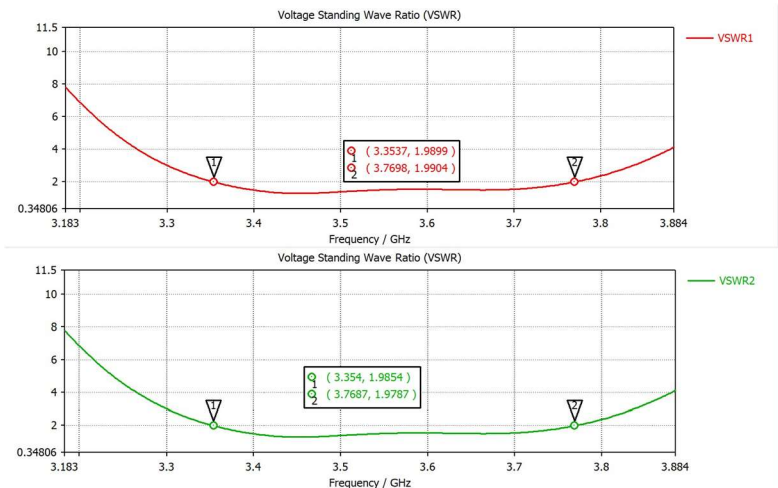
4.2.1 S-Parameter dan VSWR

Dari Gambar4.8 dapat dilihat *bandwidth* antena berada pada 3,358 – 3,763GHz. Meskipun sudah dilakukan optimalisasi antena masih belum memiliki *bandwidth* 20%. Pada Gambar4.9 hasil dapat dilihat

besaran yang memenuhi parameter yang diinginkan yaitu VSWR < 2 hanya pada frekuensi 3,35 – 3,769 GHz.



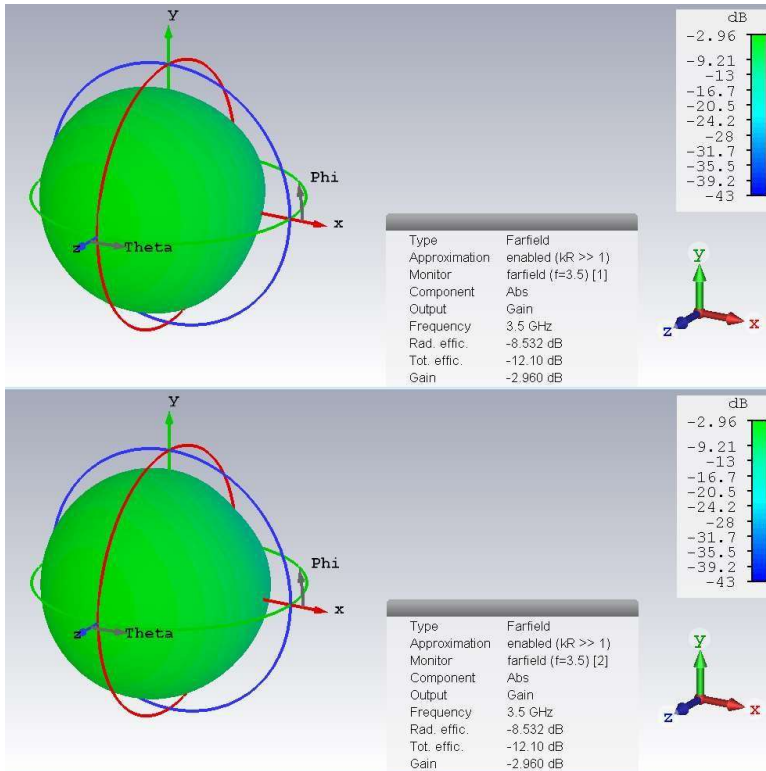
Gambar4.8 S-Parameter Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi



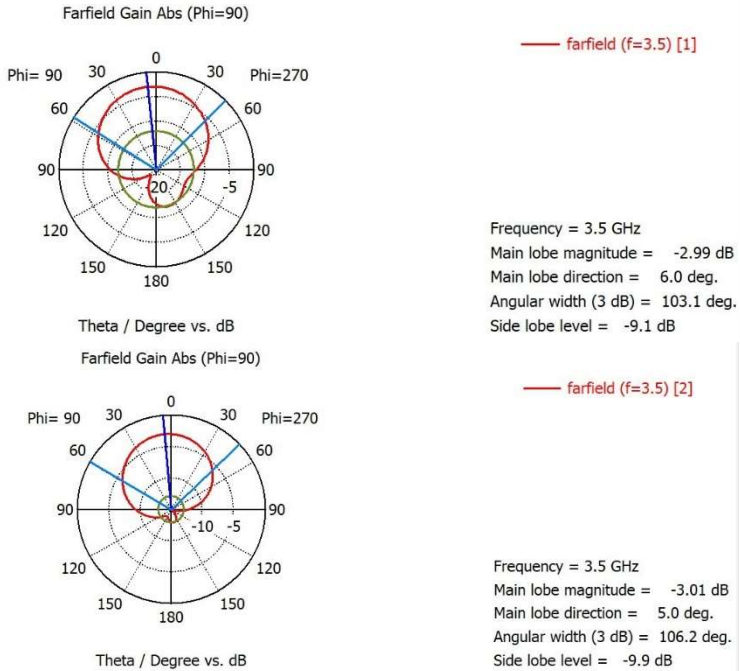
Gambar4.9 VSWR Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi

4.2.2 Pola Radiasi

Dari gambar 4.10 dapat dilihat meskipun sudah dilakukan optimalisasi nilai *Gain* dari antenna sebesar -2,96 dB. Sedangkan pada plot polar Gambar 4.11 bisa di lihat bentuk perbedaan farfield *Gain* diantara kedua *port* dari Gambar. Pada *port 1* *main lobe* mengarah 6° ke kiri dengan *side lobe* antenna -9,9 dB dan *half beam power* (HPBW) pada $103,1^{\circ}$. Pada *port 2* *main lobe* mengarah 5° ke kiri dengan *side lobe* antenna -10.4 dB dan *half beam power* (HPBW) pada $106,2^{\circ}$. Pola radiasi setelah optimalisasi tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu jauh dari antenna sebelumnya kecuali pada *gain*.



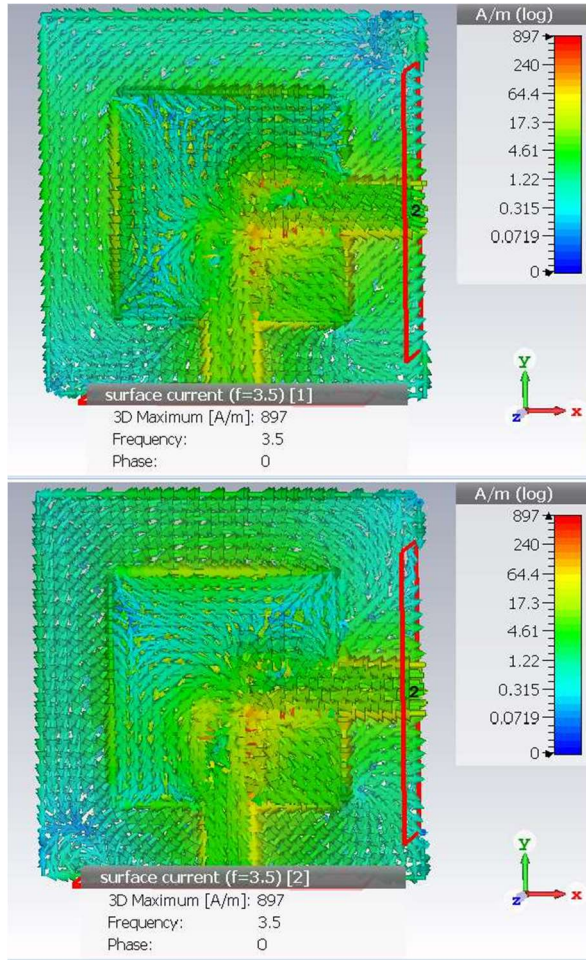
Gambar4.10 Pola Radiasi Plot 3D Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi



Gambar4.11 Pola Radiasi Plot Polar Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi

4.2.3 Surface Current

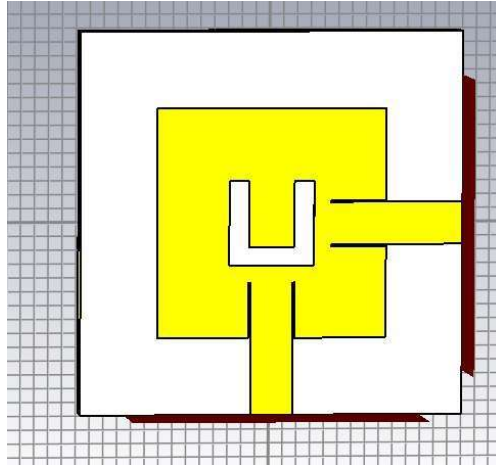
Pada Gambar4.12 bisa dilihat bahwa kedua *port* memiliki *surface current* yang hamper sama. Dapat juga dilihat titik merah pada berkurang apabila di bandiingkan dengan Gambar4.6. Tepatnya *density* arus yang besar hanya berada di salah satu *gap port* lainnya. Hal ini bisa terjadi karena peenambahan lebar dari *feedline*.



Gambar4.12 *Surface Current* Antena Bagian Dasar setelah optimalisasi

4.3 Antena dengan Slot-U

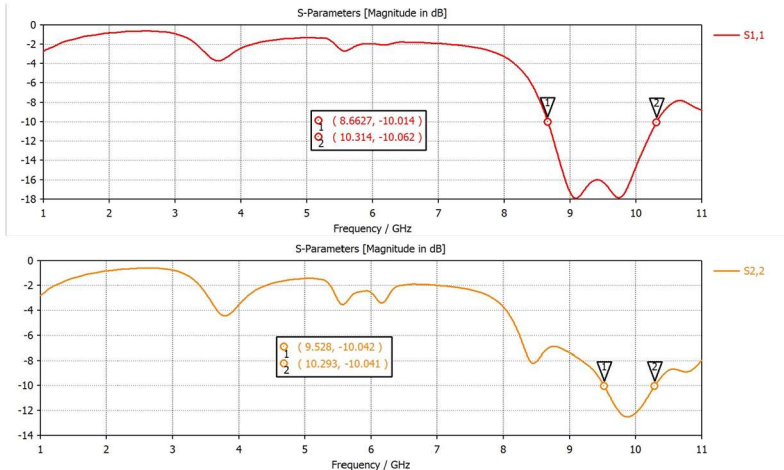
Dengan memasukkan nilai C dan E dari tabel 3.3 maka bentuk Antena yang didapatkan terlihat seperti Gambar4.13. Dengan bagian bawah pada slot-U menghadap *port* 1.



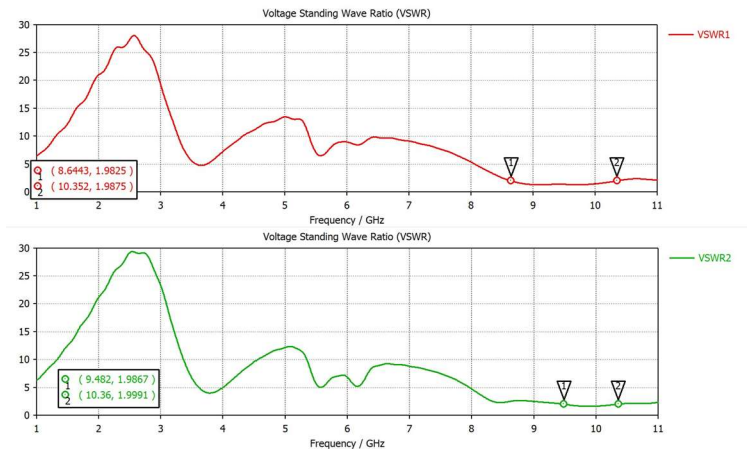
Gambar4.13 Bentuk Antena dengan Slot-U

4.3.1 S-Parameter dan VSWR

Dari hasil simulasi pada Gambar4.14 terlihat perbedaan setelah antena diberikan slot-U dan sebelum di beri slot-U. Antena memiliki frekuensi kerja pada 8,66-10,31 GHz pada *port* 1 dan 9,528-10,29 GHz pada *port* 2. Pada *port* 1 dan *port* 2 antena mampu mencapai *bandwidth* lebih dari 20%. Namun Antena masih belum bekerja di Frekuensi 3,5GHz. Pada Gambar4.15 daerah yang memenuhi $VSWR < 2$ berada tepat di *bandwidth* antena.



Gambar4.14 S-Parameter Antena dengan Slot-U

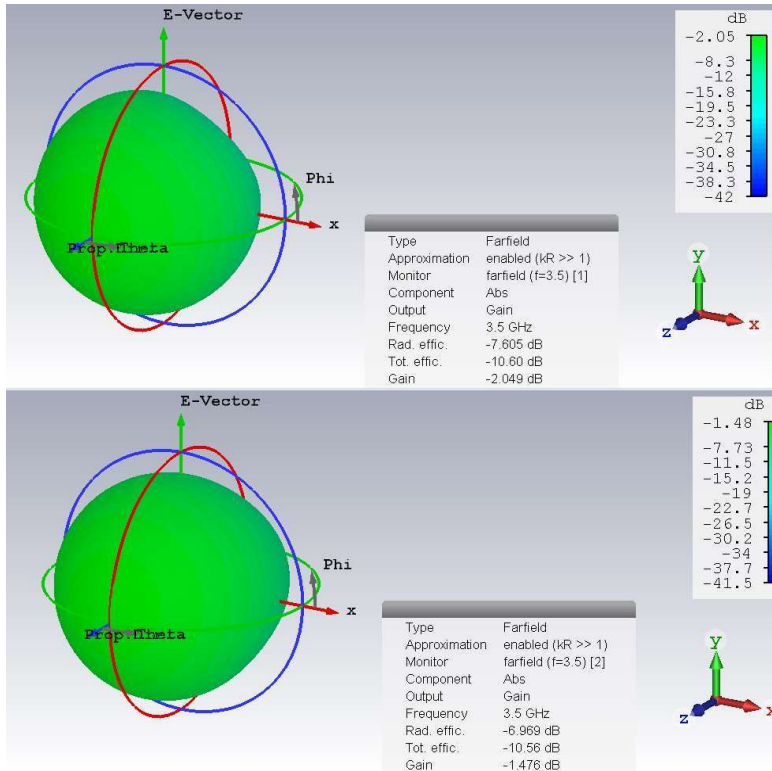


Gambar4.15 VSWR Antena dengan Slot-U

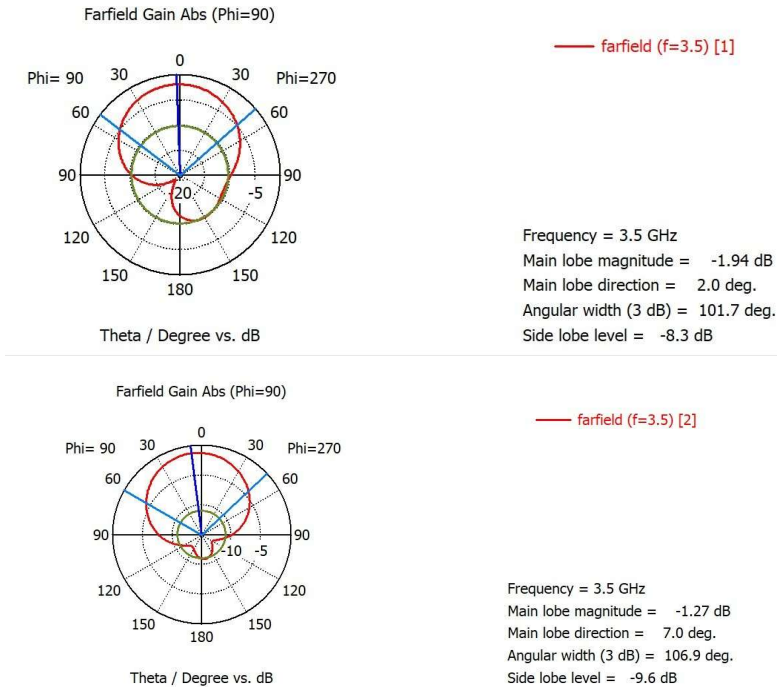
4.3.2 Pola Radiasi

Dari Gambar4.16 bisa kita ketahui ntena memiliki *gain* -1,895 dan -1,273. Berbeda dengan hasil sebelumnya yang nilai *gain*nya sama antara *port* 1 dan *port* 2. Setelah di beri slot-U radiasi antena pada

kedua *port* menjadi berbeda. Dari plot polar Gambar4.17 bisa di lihat bentuk perbedaan farfield *Gain* diantara kedua *port*. Pada *port 1 main lobe* mengarah 2° ke kiri dengan *side lobe* antenna $-8,3$ dB dan *half beam power* (HPBW) pada $101,7^\circ$. Pada *port 2 main lobe* mengarah 7° ke kiri dengan *side lobe* antenna $-9,6$ dB dan *half beam power* (HPBW) pada $106,9^\circ$.



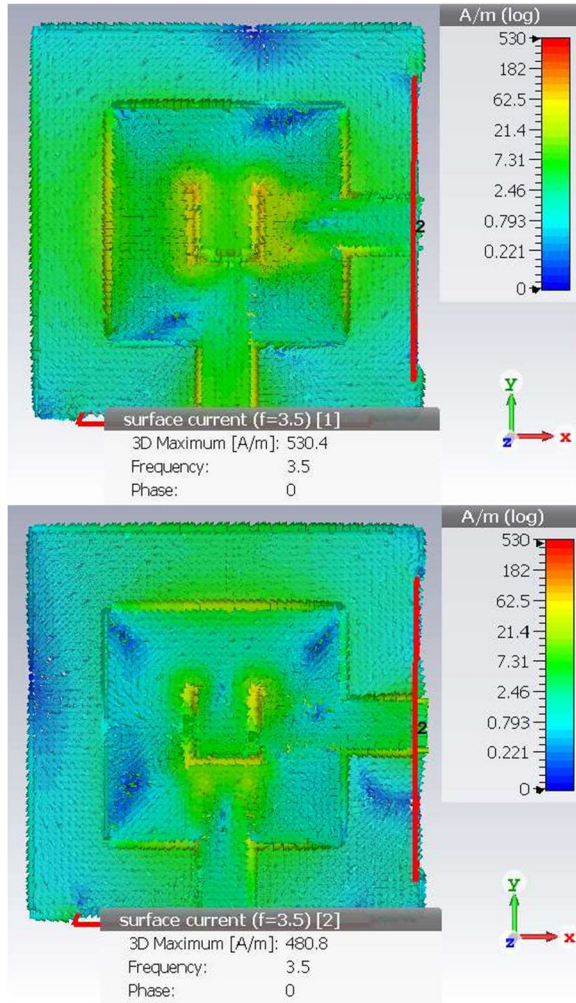
Gambar4.16 Pola Radiasi Plot 3D Antena dengan Slot-U



Gambar4.17 Pola Radiasi Plot Polar Antena dengan Slot-U

4.3.3 Surface Current

Pada Gambar4.18 bisa dilihat aliran arus pada permukaan antena setelah diberi slot-U berubah cukup drastis dari sebelumnya. Terdapat perbedaan yang jelas diantara *port 1* dan *port 2*. Hal ini dikarenakan lintasan arus yang dilalui *port 1* dan *port 2* setelah diberikan slot-U. Hal inilah yang menyebabkan perbedaan terjadi pada S-parameter, VSWR, dan pola radiasi.



Gambar4.18 *Surface Current* Antena dengan Slot-U

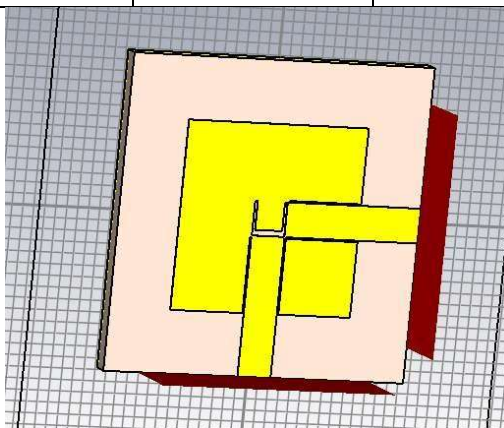
4.4 Optimalisasi Antena dengan Slot-U

4.4.1 Optimalisasi Antena Slot-U tanpa menaikkan *Substrate*

Dikarenakan ukuran slot-U yang menyebabkan perbedaan parameter antara *port 1* dan *port 2* yang dapat dilihat dari *surface currentnya*. Optimalisasi dilakukan dengan mengutamakan mengubah ukuran slot-U. Optimalisasi ini selain bertujuan untuk meningkatkan parameter antenna juga untuk mengatasi perbedaan parameter antara *port 1* dan *port 2*. Dimensi antenna setelah optimalisasi dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.19.

Tabel 4.2 Dimensi Antena dengan Slot-U setelah optimalisasi

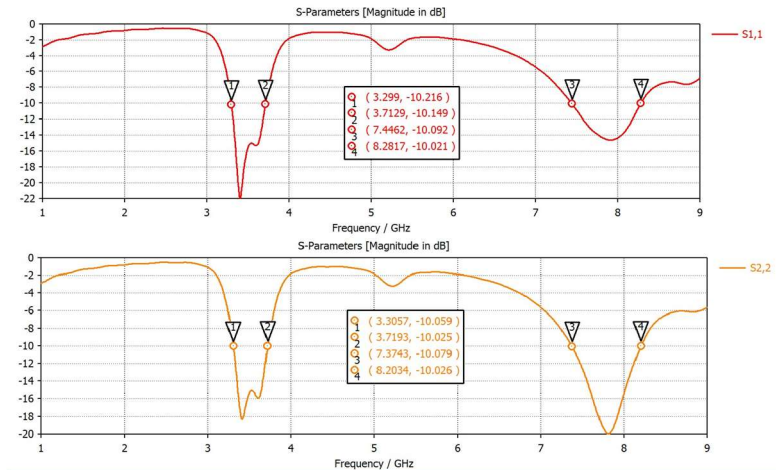
Variabel	Hasil (mm)	Keterangan
Wp	16,5637	Panjang sisi Patch
Wg	$\geq 27,6637$	Panjang sisi antena
Fi	5,54965	Kedalaman feedline
WFl	3,05	Lebar feedline
LFl	11,1	Panjang Feedline
Variabel	Hasil (mm)	Keterangan
Pg	6,244	Lebar Gap Feedline
C	3	Panjangn sisi Slot-U
\square_c	0,25	Lebar Slot bagian sisi Slot-U
\square_b	0,5	Lebar Slot bagian bawah Slot-U



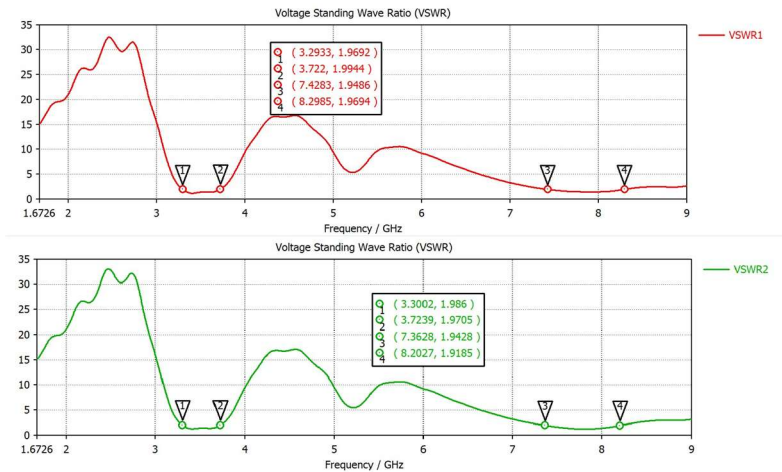
Gambar4.19 Bentuk Antena dengan Slot-U setelah optimalisasi

4.4.1.1 S-Parameter dan VSWR

Dari Gambar4.20 dapat kita lihat setelah dilakukan optimalisasi *bandwidth* pada frekuensi 3,5 GHz dapat ditingkatkan dari hasil S-parameter sebelumnya. *Bandwidth* berada pada 3,29-3,71 GHz dan pada *port 2* pada 3,30-3,71 masih belum mencapai 20% dari frekuensi kerja. Dari Gambar4.20 bisa kita lihat nilai VSWR bernilai < 2 pada *bandwidth* antena.



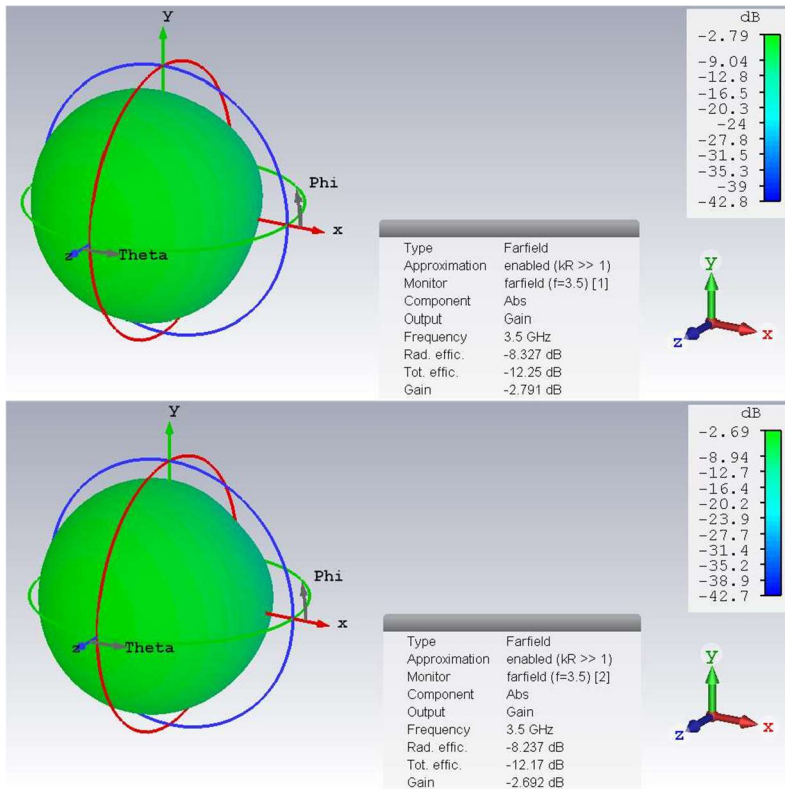
Gambar4.20 S-Parameter Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi



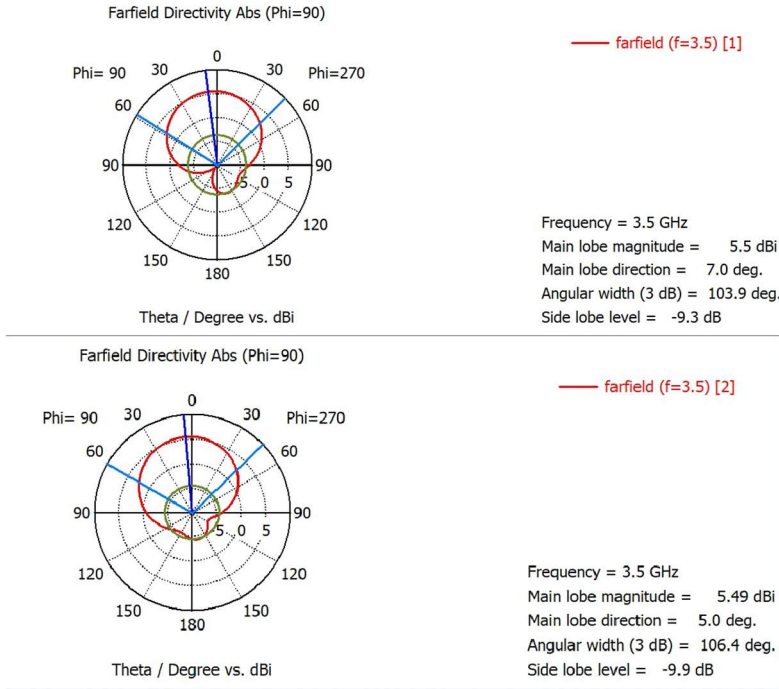
Gambar4.21 VSWR Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi

4.4.1.2 Pola Radiasi

Pada Gambar4.22 kita dapat melihat besar *gain* antena *port 1* sebesar -2,91 dB dan pada *port 2* sebesar -2,692 dB. Keduanya masih belum mencapai nilai diatas 2 dB. Dari plot polar Gambar4.23 bisa di lihat bentuk perbedaan farfield *Gain* diantara kedua *port* dari Gambar. Pada *port 1 main lobe* mengarah 7^0 ke kiri dengan *side lobe* antena -9,3 dB dan *half beam power* (HPBW) pada $103,9^0$. Pada *port 2 main lobe* mengarah 5^0 ke kiri dengan *side lobe* antena -9,9 dB dan *half beam power* (HPBW) pada $106,4^0$.



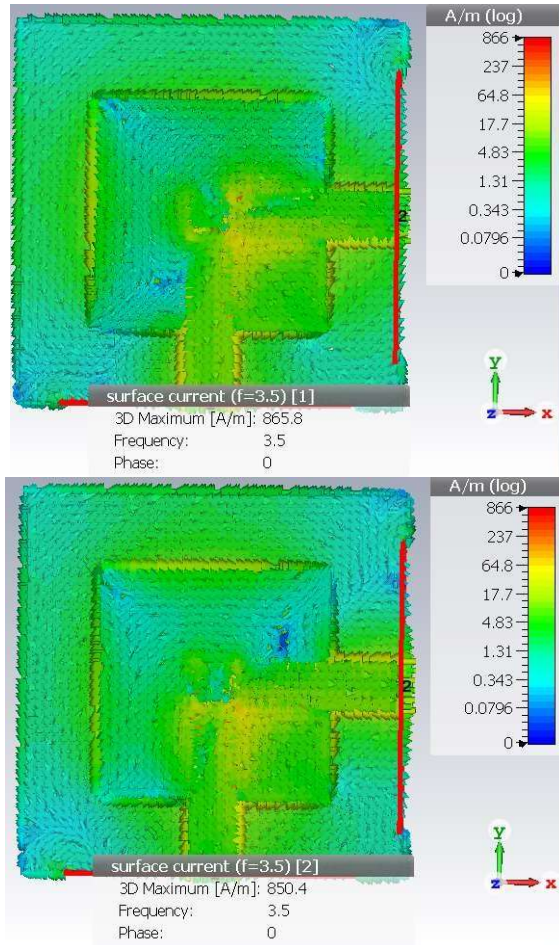
Gambar4.22 Pola Radiasi Plot 3D Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi



Gambar4.23 Pola Radiasi Plot Polar Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi

4.4.1.3 Surface Current

Pada Gambar4.24 dapat kita lihat hasil simulasi *surface current* setelah antena di optimalkan. Hasilnya *surface current port 1* dan *port 2* tidak memiliki perbedaan yang besar. Tidak seperti hasil simulasi sebelum optimalisasi.



Gambar4.24 *Surface Current* Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi

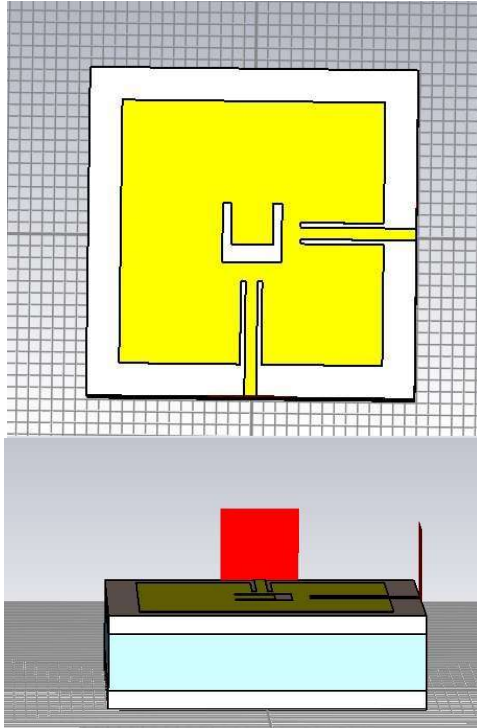
4.4.2 Optimalisasi Antena Slot-U dengan Menambahkan Ruang Kosong

Dikarenakan setelah optimalisasi antena dengan slot-U parameter yang diinginkan belum terpenuhi maka dilakukan penambahan

elemen *Substrate* dengan memberi jarak pada *patch* dan *ground*. Didapatkan dimensi antena seperti pada tabel 4.3 dan bentuk antena pada simulasi seperti pada Gambar 4.25.

Tabel 4.3 Dimensi Antena dengan Slot-U setelah optimalisasi

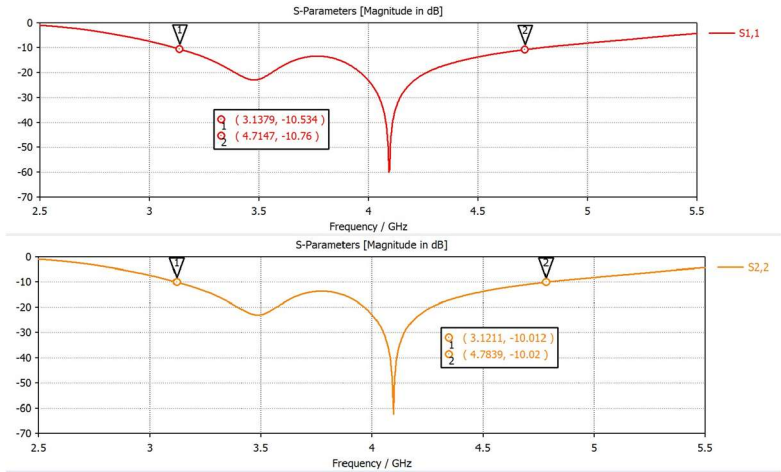
Variabel	Hasil (mm)	Keterangan
W_p	22.1637	Panjang sisi <i>Patch</i>
W_g	≥ 27.6637	Panjang sisi antena
F_i	7	Kedalaman feedline
W_{f1}	1	Lebar feedline
L_{f1}	5.5	Panjang Feedline
P_g	0.4	Lebar Gap Feedline
C	5	Panjangn sisi Slot-U
\square_c	0.25	Lebar Slot-U (atas)
\square_b	0.5	Lebar Slot-U (bawah)
H_v	5	Tinggi Ruang Kosong



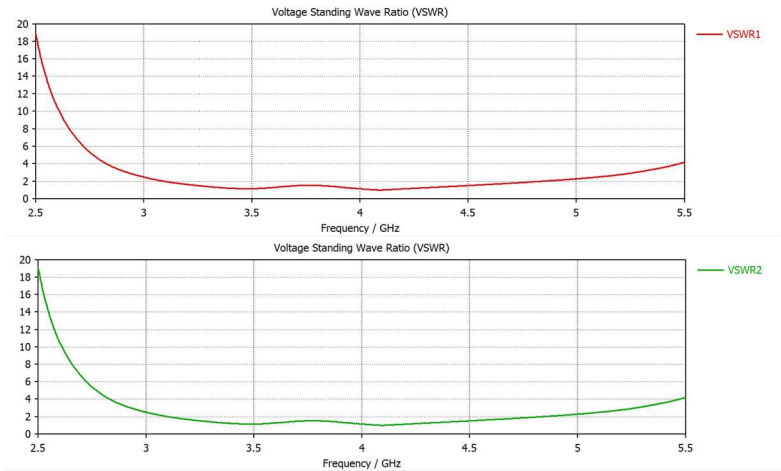
Gambar4.25 Bentuk Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong

4.4.2.1 *S-Parameter dan VSWR*

Setelah menambahkan ruang kosong S-parameter yang tadinya memiliki 2 *bandwidth* menjadi 1 *bandwidth* yang lebarnya 1,5768 GHz atau 45% di *port* 1 dan 1,6628 GHz atau 47% di *port* 2. Dengan hasil S-parameter *bandwidth* pada Gambar4.25 sudah memenuhi parameter *bandwidth* yang ingin dicapai yaitu 20% dari 3.5GHz. Dari Gambar4.26 bisa dilihat nilai VSWR yang berada pada frekuensi kerja sudah bernilai <2 . Hal ini memenuhi parameter VSWR yang diinginkan.



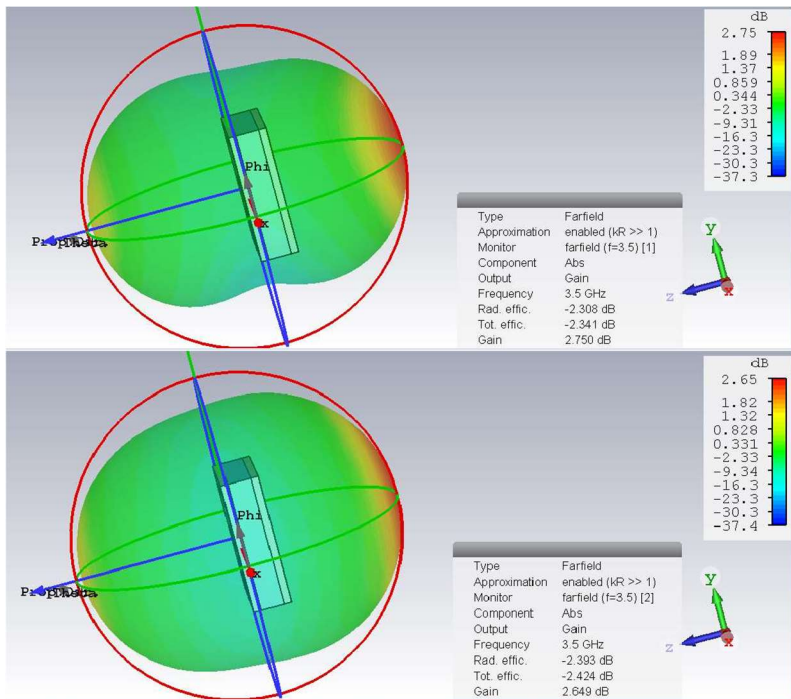
Gambar4.26 S-Parameter Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong



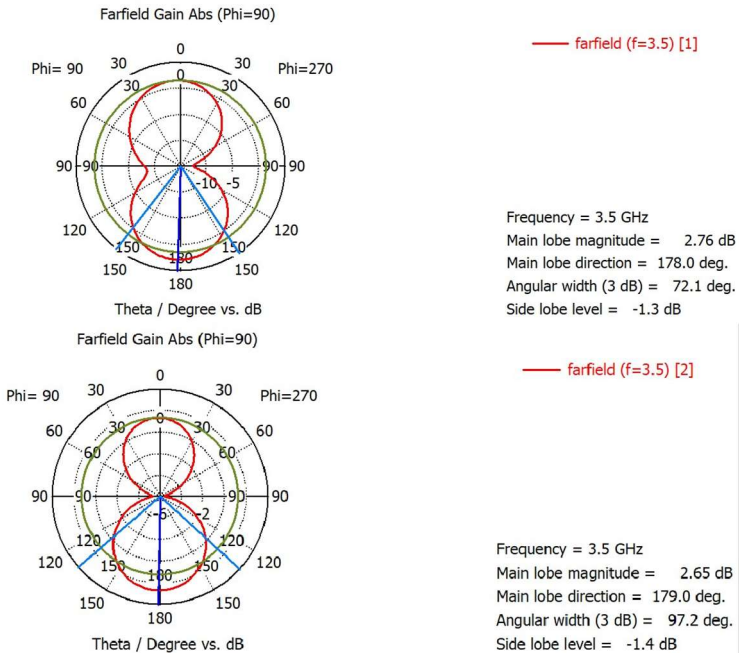
Gambar4.27 VSWR Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong

4.4.2.2 Pola Radiasi

Dari Gambar4.28 dapat kita lihat nilai dari *gain* dari tiap *port*. *Port 1* memiliki *gain* sebesar 2,75 yang sudah memenuhi parameter yang diinginkan yaitu *gain* > 2. Sama halnya dengan nilai *gain* pada *port 2* sudah memenuhi *gain* > 2 dengan nilai 2,65. Setelah di beri slot-U radiasi antenna pada kedua *port* menjadi berbeda. Dari plot polar Gambar4.29 bisa kita lihat pada *port 1* *main lobe* mengarah 178° ke kiri dengan *side lobe* antenna -1,3 dB dan *half beam power* (HPBW) pada $72,1^{\circ}$. Pada *port 2* *main lobe* mengarah 179° ke kiri dengan *side lobe* antenna -1,4 dB dan *half beam power* (HPBW) pada $97,2^{\circ}$.



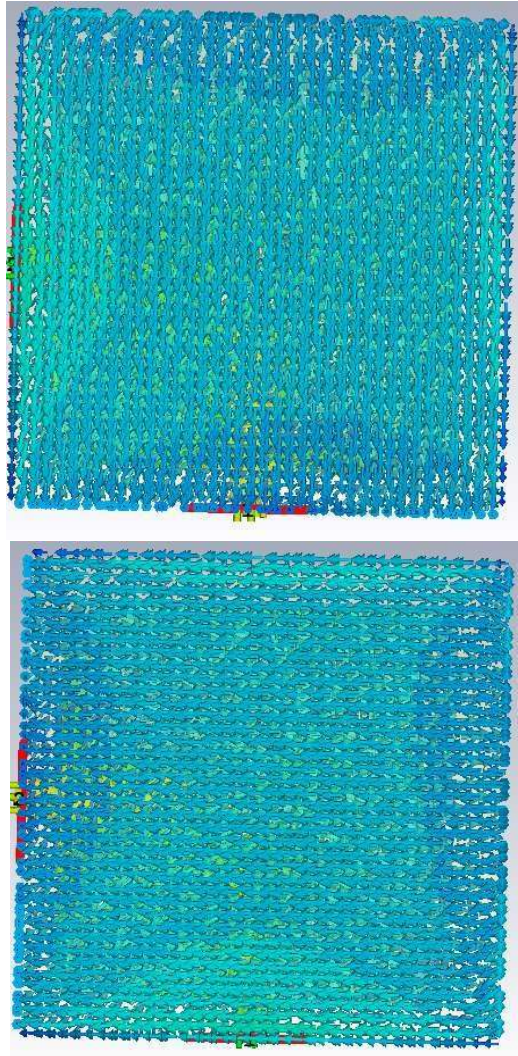
Gambar4.28 Pola Radiasi Plot 3D Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong



Gambar4.29 Pola Radiasi Plot Polar Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong

4.4.2.3 Surface Current

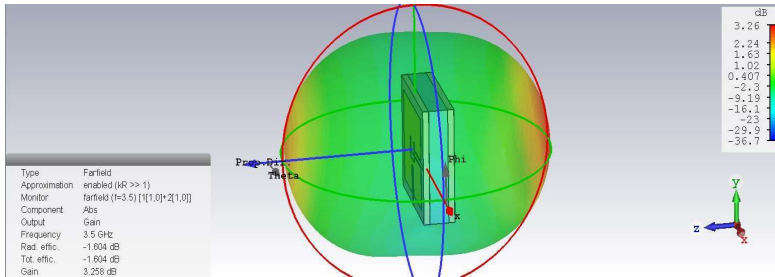
Dari Gambar4.30 bisa kita lihat setelah di beri ruang kosong lebih banyak titik berwarna biru menandakan *density* arus pada antena rendah setelah ditambahkan ruang kosong pada antena. Diantara kedua *surface current* juga tidak ada perbedaan yang signifikan. *Surface current* yang ditunjukkan adalah *surface current* antena pada elemen *ground*. Hal ini dikarenakan lebih mudah untuk mengidentifikasi jenis polarisasi antena dari elemen *ground* antena ini. Dimana *port 1* (gambar bagian atas) memiliki polarisasi vertikal dan *port 2* (gambar bagian bawah) memiliki polarisasi horizontal



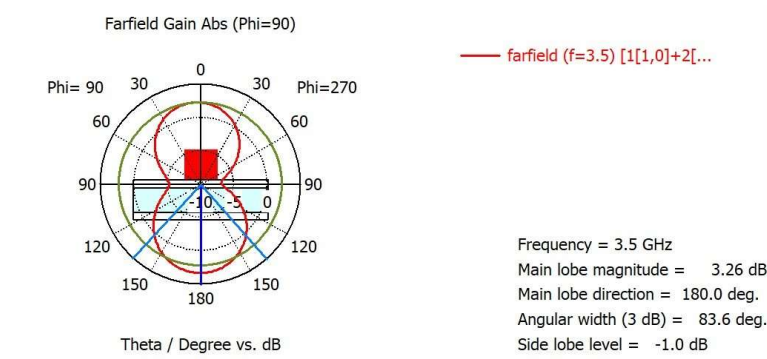
Gambar4.30 *Surface Current* Antena dengan Slot-U setelah Optimalisasi Menambahkan Ruang Kosong Tampak Bawah

4.4.2.4 Polarisasi Ganda

Setelah parameter-parameter yang lain dianggap memenuhi untuk mengetahui apakah antenna memiliki polarisasi ganda dapat dilihat dengan mengaktifkan kedua *port*. *Port* haruslah berada dalam kondisi copolar dan cross polar ketika diaktifkan. Copolar adalah kondisi ketika *port* 1 berada dalam posisi vertikal dan *port* 2 berada dalam kondisi horizontal dan pada crosspolar sebaliknya *port* 1 dalam kondisi horizontal dan *port* 2 dalam posisi vertikal. Dari Gambar4.31 dan 4.32 dapat kita lihat hasil antenna setelah antenna bekerja dengan polarisasi ganda. *Gain* antenna meningkat menjadi 3,26 dB. Dan *main lobe* antenna berada pada 180° . Dengan *side lobe* antenna -1 dB dan *half beam power* (HPBW) pada 83,6. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa antenna yang di desain pada simulasi dapat bekerja dengan polarisasi ganda.

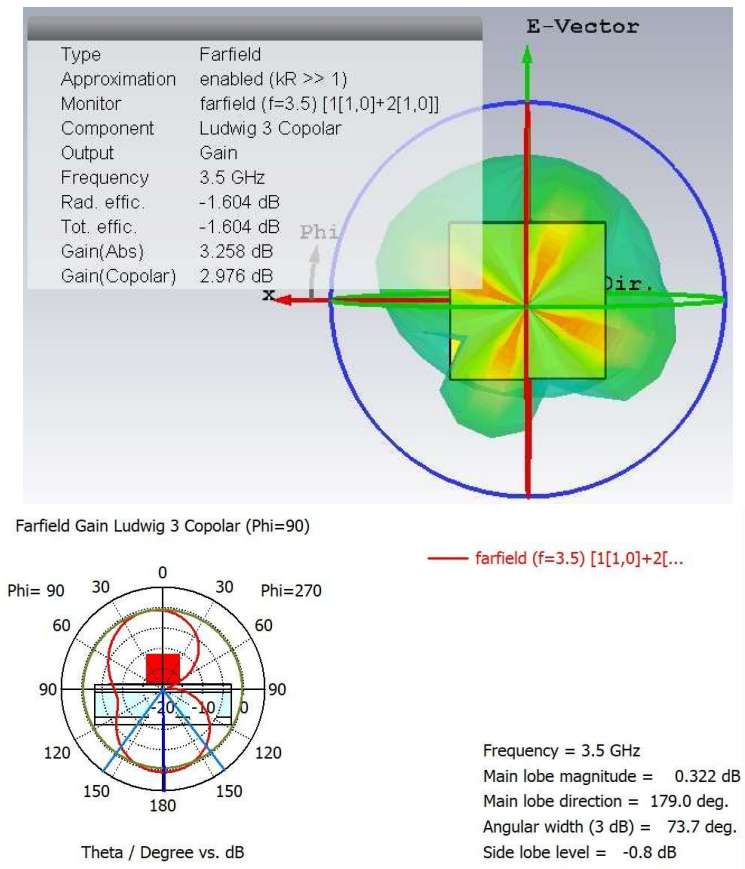


Gambar4.31 Plot 3D Radiasi Polarisasi Ganda

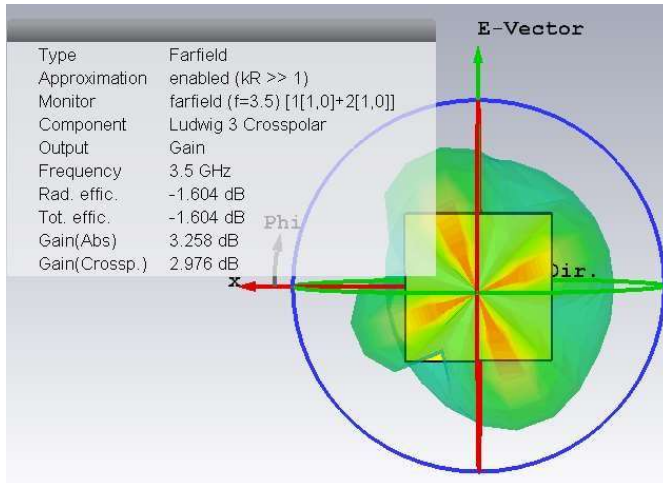


Gambar4.32 Plot Polar Radiasi Polarisasi Ganda

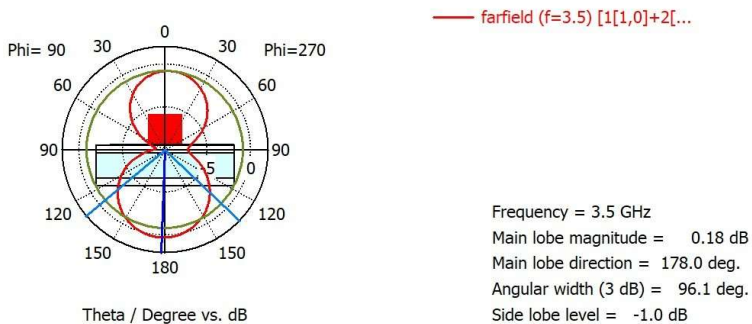
Dalam Penggunaan dua channel pada frekuensi antenna harus dengan memperhatikan radiasi *copolar* dan *crosspolar* dari antenna. *Copolar* adalah polarisasi gelombang hasil pancaran antenna yang diinginkan. Sedangkan *crosspolar* adalah radiasi orthogonal dari copolar. Dari Gambar4.33 dapat dilihat pada radiasi *copolar* gain bernilai 2,976 dB dan memiliki *main lobe* pada 179° . Sedangkan pada radiasi *crosspolar* dapat dilihat pada Gambar4.33 antenna memiliki gain 2,976 dB dan *mainlobe* pada 178° .



Gambar4.33 Plot 3D dan Polar pola radiasi *Copolar*



Farfield Gain Ludwig 3 Crosspolar (Phi=90)



Gambar4.34 Plot 3D dan Polar pola radiasi *crosspolar*

4.5 Hasil Pengukuran Antena yang Fabrikasi



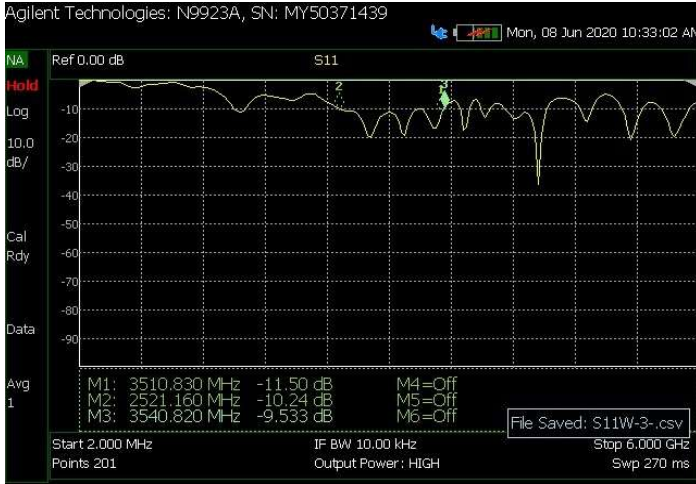
Gambar4.35 Antena Hasil Fabrikasi

Untuk menyangga ruang kosong digunakan EVA Foam material yang biasa digunakan untuk membuat matras. Lalu antena disambungkan dengan 2 konektor SMA disambungkan dengan timah. Pengukuran dilaksanakan di lapangan parkir Departemen Teknik Elektro. Mulai hari Selasa, 2 Juni 2020 hingga Senin, 8 Juni 2020. Dengan mengikuti metodologi pengukuran di subbab 3.6 dimensi diagonal antena yang telah difabrikasi sebesar 39 mm sehingga didapatkan jarak minimal medan jauh sebesar 3,55 cm. Hasil akhir fabrikasi antena dapat dilihat pada Gambar4.35

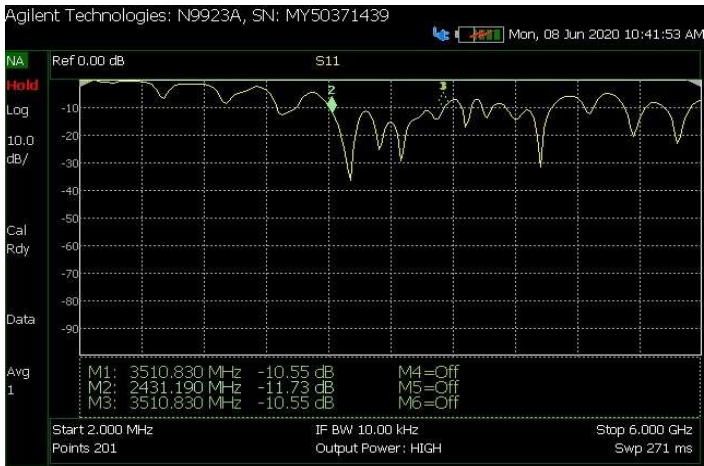
4.5.1 Pengukuran S-Parameter dan VSWR

Dalam Pengukuran Return-loss didapat hasil seperti pada Gambar4.36 hingga 4.39. Pada S-parameter di *port* satu bisa kita lihat di Gambar4.36 *bandwidth* berada pada daerah 2,521-3,510 tepatnya 28,3% dari frekuensi kerja. Pada *port* 2 bisa kita lihat pada Gambar4.37 *bandwidth* berada pada daerah 2,431-3,510 tepatnya 30,8%. Apabila di dibandingkan dengan S-parameter pada hasil simulasi terjadi penurunan lebar *bandwidth* dan penurunan frekuensi kerja setelah antena difabrikasi. Demikian juga halnya dengan VSWR apabila kita perhatikan Gambar4.38 dan 4.39 sudah memiliki nilai dibawah 2. Hal ini kemungkinan besar terjadi karena hasil antena fabrikasi tidak dapat merealisasikan antena simulasi sepenuhnya. Salah satunya adalah ruang

kosong yang berkurang akibat penyangga ruang kosong. Juga karena pengukuran antenna tidak dilakukan pada kondisi yang seideal simulasi. Karena beberapa faktor inilah hasil dari S-parameter dan VSWR berbeda.



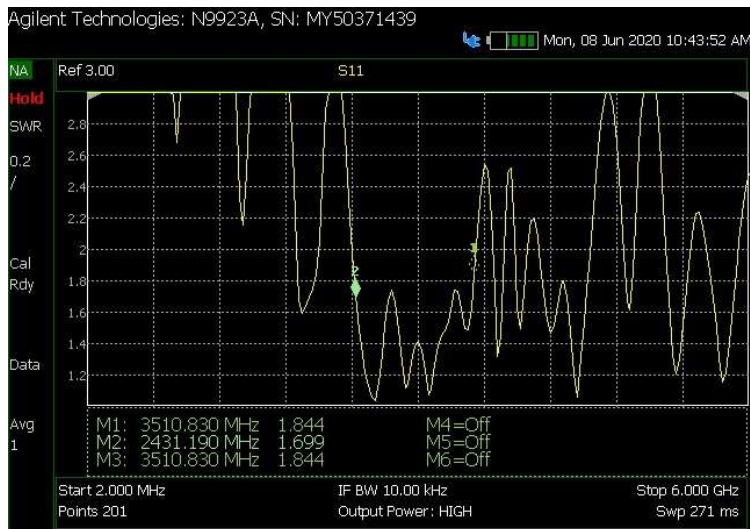
Gambar4.36 S-Parameter Hasil pengukuran Antena Fabrikasi *port 1*



Gambar4.37 S-Parameter Hasil pengukuran Antena Fabrikasi *port 2*



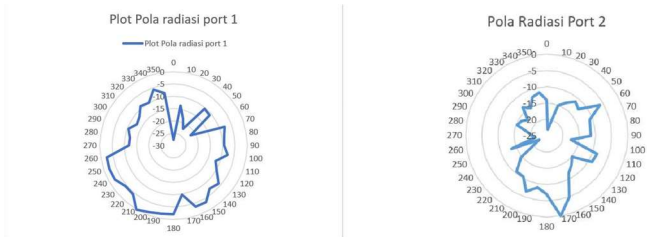
Gambar4.38 VSWR Hasil pengukuran Antena Fabrikasi *port 1*



Gambar4.39 VSWR Hasil pengukuran Antena Fabrikasi *port 1*

4.5.2 Pengukuran Pola Radiasi

Pada Hasil pengukuran pola radiasi yang sudah di plot radar Gambar bisa dilihat antenna memiliki *main lobe* berada disekitar 180° . Hal ini membenarkan hasil simulasi yang menunjukkan bahwa *main lobe* antenna berada pada 178° dan 179° . Namun apabila dibandingkan dengan hasil pola radiasi di simulasi ada perbedaan yang terdapat pada hasil pengukuran. Hal ini dikarenakan pengukuran tidak dilakukan pada lingkungan yang ideal sehingga hasil pengukuran *port 1* dan *port 2* berbeda. Plot dari pengukuran pola radiasi antenna dapat dilihat pada Gambar 4.40.



Gambar 4.40 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena

4.6 Perbandingan Data Hasil Simulasi dan Pengukuran

4.6.1 Perbandingan Parameter Antena sebelum diberi Slot-U dan sesudah diberi Slot-U

Pengaruh slot-U pada parameter antenna dapat dilihat dengan membandingkan parameter hasil simulasi antenna yang sudah dioptimalisasikan. Sebelum antenna ditambahkan dengan Slot-U antenna hanya memiliki 1 *bandwidth* namun setelah diberikan slot-U antenna memiliki 2 *bandwidth* dengan ukuran sesuai pada tabel 4.4. Slot-U juga memengaruhi *gain* pada antenna. *Gain* antenna mengalami peningkatan di kedua *portnya*. Sebelum ditambahkan Slot-U kedua *port* antenna memiliki besar *gain* yang sama. Namun setelah antenna ditambahkan dengan slot-U kedua *port* memiliki besar *gain* yang berbeda satu sama lain. Hal ini terjadi karena lintasan distribusi arus pada kedua *port* tidak sama setelah ditambahkan dengan Slot-U. Dapat disimpulkan bahwa

penggunaan slot-U dapat menambahkan *bandwidth* antenna pada fekuensi kerja yang lain tidak dapat memperlebar *bandiwidth* dari antenna.

Tabel 4.4 Perbandingan antenna sebelum diberi slot-U dan sesudah

Parameter	Hasil Optimalisasi Bagian Dasar		Hasil Optimalisasi Antena dengan Slot-U	
	Port 1	Port 2	Port 1	Port 2
<i>Bandwidth</i>	3,358 – 3,763GHz	3,358 – 3,763GHz	3,299– 3,719 GHz & 7,446– 8,2817 GHz	3,305– 3,719 GHz & 7,3743– 8,2034 GHz
VSWR	< 2	< 2	< 2	< 2
<i>Gain</i>	-2,96 dB	-2,96 dB	-2,791 dB	-2,692 dB
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal

4.6.2 Perbandingan Parameter Antena Slot-U sebelum Penambahan Elemen *Substrate* dan sesudah Penambahan Elemen *Substrate*

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat perbedaaan antara antenna sebelum ditambahkan elemen *Substrate* dan setelah ditambahkan elemen *Substrate*. Antenna yang sebelumnya memiliki 2 *bandwidth* setelah penambahan elemen *Substrate* hanya memiliki 1 *bandiwidth* dan lebar *bandwidth* antenna juga melebihi parameter yang ingin dicapai yaitu 20%. Dengan penambahan elemen *Substrate* antenna juga mengalami peningkatan yang signifikan pada *bandwidth*. Dari yang sebelumnya bernilai -2,791 dB pada *port 1* dan -2,692 pada *port 2* setelah penambahan elemen *Substrate* *gain* antenna meningkat hingga 2,75 dB pada *port 1* dan 2, 65 dB pada *port 2*. Dari hasil yang didapat dapat disimpulkan bahwa

penambahan elemen *Substrate* dapat menyatukan *bandwidth* antenna yang sebelumnya memiliki 2 *bandwidth* akibat penggunaan Slot-U.

Tabel 4.5 Perbandingan Antena Sebelum dan Sesudah Dilakukan Penambahan Elemen *Substrate*

Parameter	Hasil Optimalisasi Antena dengan Slot-U		Hasil Optimalisasi Antena Dengan Slot-u Dengan Menambah Elemen <i>Substrate</i>	
	<i>Port 1</i>	<i>Port 2</i>	<i>Port 1</i>	<i>Port 2</i>
<i>Bandwidth</i>	3,299–3,719 GHz & 7,446–8,2817 GHz	3,305–3,719 GHz & 7,3743–8,2034 GHz	3,137 – 4,714 GHz	3,121-4,783 GHz
VSWR	< 2	< 2	< 2	< 2
<i>Gain</i>	-2,791 dB	-2,692 dB	2,75 dB	2,65 dB
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal

4.6.3 Perbandingan Parameter Antena Bagian Dasar dan Antena Slot-U setelah Penambahan Elemen *Substrate*

Perbandingan antenna setelah dan sebelum ditambahkan metode dapat dilihat pada tabel 4.6. Dari tabel dapat dilihat perbedaan yang signifikan antara kedua antenna. Perbedaan tersebut terdapat pada *bandwidth* dan *gain* kedua antenna. *Bandwidth antenna* yang sebelumnya hanya mapu mencapai 10% dari frekuensi kerja sudah mampu mencapai hingga lebih dari 40% dari frekuensi kerja. Dan pada *gain* antenna terjadi peningkatan yang sangat signifikan dari -2,91 dB menjadi 2,75 dB pada *port 1* dan 2,65 dB pada *port 2*.

Tabel 4.6 Perbandingan Antena sebelum dan sesudah ditambahkan metode

Parameter	Hasil Optimalisasi Bagian Dasar		Hasil Optimalisasi Antena Dengan Slot-u Dengan Menambah Elemen <i>Substrate</i>	
	<i>Port 1</i>	<i>Port 2</i>	<i>Port 1</i>	<i>Port 2</i>
<i>Bandwidth</i>	3,358 – 3,763GHz	3,358 – 3,763GHz	3,137 – 4,714 GHz	3,121- 4,783 GHz
VSWR	< 2	< 2	< 2	< 2
<i>Gain</i>	-2,96 dB	-2,96 dB	2,75 dB	2,65 dB
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal

4.6.4 Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Antena Fabrikasi

Perbandingan dari antena yang sudah memenuhi parameter yang diinginkan pada simulasi dengan hasil pengukuran hasil fabrikasi dapat dilihat pada tabel 4.7. Hasilnya antena mengalami penurunan pada *bandwidth*. Dari sini dapat disimpulkan fabrikasi dari antena yang tidak sempurna sangat berpengaruh, terlenih pada pembuatan jarak untuk menambahkan elemen *Substrate*. Juga pengukuran sebaiknya dilakukan pada lokasi yang memenuhi kondisi medan jauh. Dan juga memiliki kondisi yang tetap sehingga hasil pengukuran yang didapat lebih presisi.

Tabel 4.7 Perbandingan Antena Hasil Simulasi dan Hasil Fabrikasi

Parameter	Hasil Optimalisasi Antena Dengan Slot-u Dengan Menambah Elemen <i>Substrate</i>		Hasil Optimalisasi Antena Dengan Slot-u Dengan Menambah Elemen <i>Substrate</i>	
	<i>Port 1</i>	<i>Port 2</i>	<i>Port 1</i>	<i>Port 2</i>
<i>Bandwidth</i>	3,137 – 4,714 GHz	3,121- 4,783 GHz	3,137 – 4,714 GHz	3,121- 4,783 GHz
VSWR	< 2	< 2	< 2	< 2

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian di bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan :

1. Slot-U tidak dapat melebarkan *bandwidth* namun dapat menambah *bandwidth* pada frekuensi lain dimana *return loss* < -10 dan *VSWR* < 2 .
2. Antena dual polarisasi memiliki polarisasi vertikal dan horizontal.
3. Penambahan *Substrate* dapat menyatukan *bandwidth* antena dari efek slot-U dan meningkatkan *gain* antena dan mengubah *main lobe* dari antena.
4. *Bandwidth* hasil simulasi sebesar 3,137 – 4,714 GHz pada *port* 1 dan 3,121-4,783 GHz pada *port* 2 mengalami penurunan setelah dilakukan pengukuran desain hasil fabrikasi dengan *bandwidth* berada pada 2,521-3,539 GHz pada *port* 1 dan 2,431-3,510 GHz pada *port* 2, hal dikarenakan fabrikasi antena yang kurang persisi khususnya pada penambahan *Substrate*. Dengan nilai *VSWR* < 2 dan *return loss* < -10 pada rentang tersebut.

5.2 Saran

Saran yang ingin saya berikan untuk mengembangkann penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk antena polarisasi ganda menurut saya akan lebih baik menggunakan metode slot-L, karena apabila posisi slot dapat diatur dengan baik kedua *port* tidak akan memiliki beda arus permukaan yang besar.
2. Karena ukuran antena yang sangat kecil maka kesalahan sedikit pada fabrikasi sangat mempengaruhi hasil pengukuran sehingga sebisa mungkin kesalahan ini diminimalisir dengan memperhitungkan perbedaan antena simulasi dan antena fabrikasi yang telah ada.
3. Dikarenakan banyaknya data yang mengalami penurunan yang besar setelah pengukuran akan lebih baik apabila pengukuran

dilakukan diruangan *anecholic chamber* untuk mendapatkan data yang lebih baik.

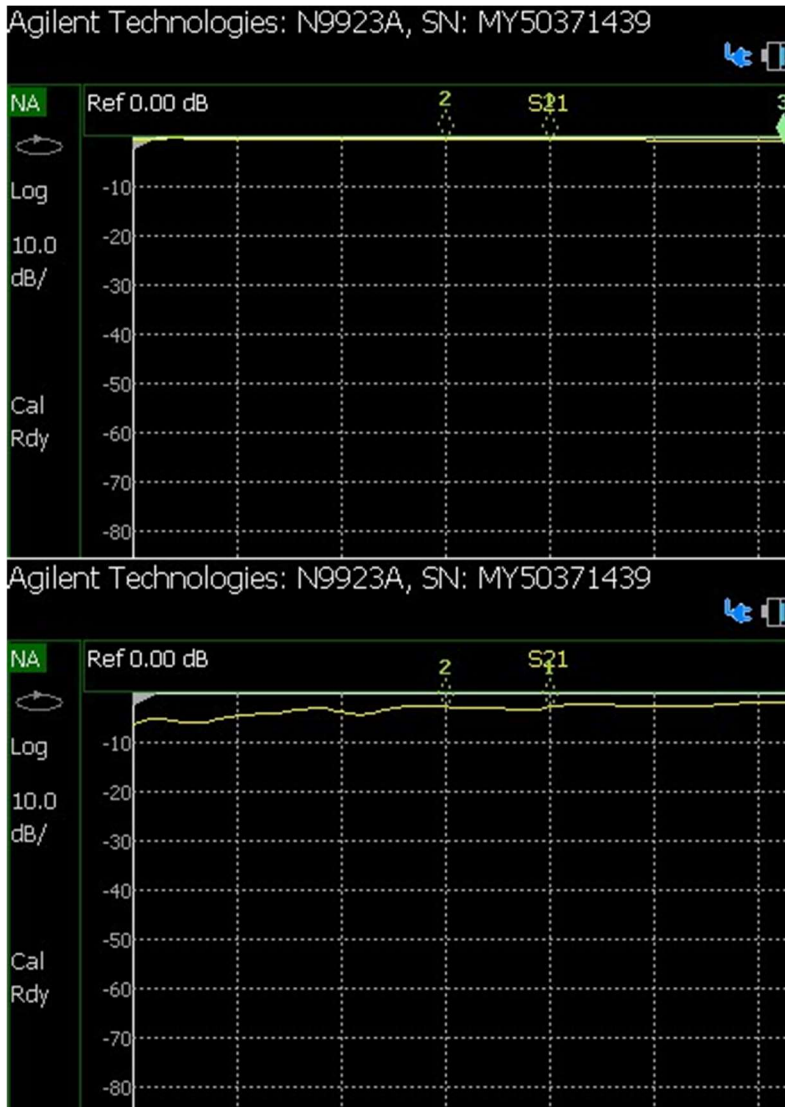
DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Balanis, *Antenna Theory, Analysis and Design* 4th Ed, Wiley, 2016.
- [2] G. Zhiwei, F. Qingyuan, and J. Shugang, "Research on a Novel Kind of Dual Polarized Stacked Printed Antenna," *Int. J. Antennas Propag.*, vol. 2018, 2018.
- [3] H. F. Sidauruk and A. H. Rambe, "Analisa Penentuan Ukuran Slot Pada Karakteristik Antena Mikrostrip Patch Segiempat Dengan Pencatu," *Singuda ENSIKOM*, vol. 10, no. 27, pp. 65–70, 2015.
- [4] T. Firmansyah, S. Purnomo, F. Fatonah, and T. H. Fajar Nugroho, "Antena Mikrostrip Rectangular Patch 1575,42 MHz dengan Polarisasi Circular untuk Receiver GPS," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 4, 2016.
- [5] A. H. Rambe, "Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya," *JiTEKH*, vol. 01, no. I, pp. 86–92, 2012.
- [6] S. Weigand, G. H. Huff, K. H. Pan, and J. T. Bernhard, "Analysis and design of broad-band single-layer rectangular U-slot microstrip patch antennas," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 51, no. 3, pp. 457–468, 2003.

LAMPIRAN

Tabel 6.1 Jadwal Kegiatan

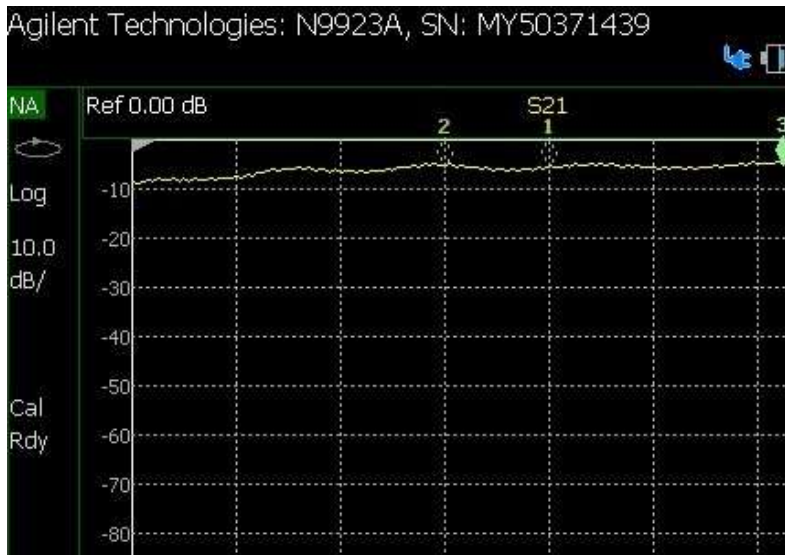
Kegiatan	Minggu Ke-															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■									
Perencanaan dan Simulasi			■	■	■	■	■	■	■							
Pembuatan Alat								■	■	■	■	■				
Uji Coba Alat dan Pengoptimalan												■	■	■	■	■
Penyusunan Laporan							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



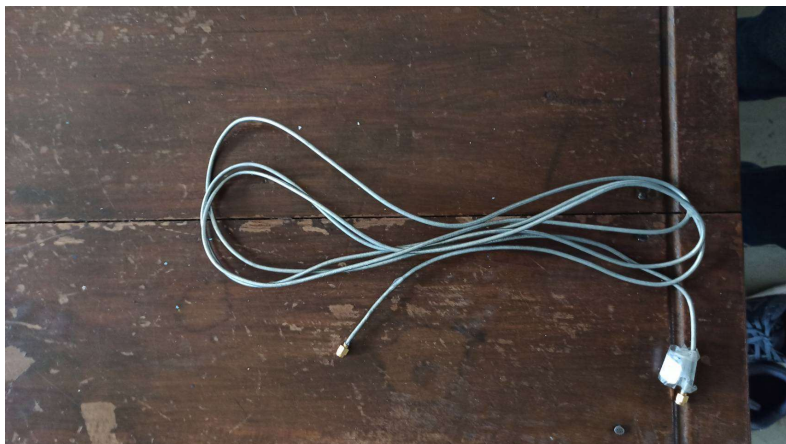
Gambar6.1 Loss Kabel Rigid Pendek



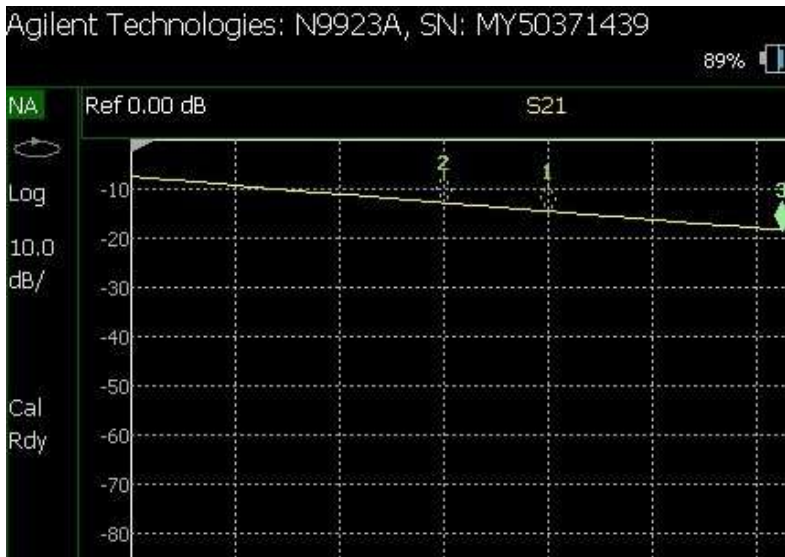
Gambar6.2 Kabel Rigid Pendek 30 cm



Gambar6.3 Loss Kabel Rigid Panjang 3,1 m



Gambar6.4 Kabel Rigid Panjang 3,1 m



Gambar6.5 Loss Kabel RG-58 10 m



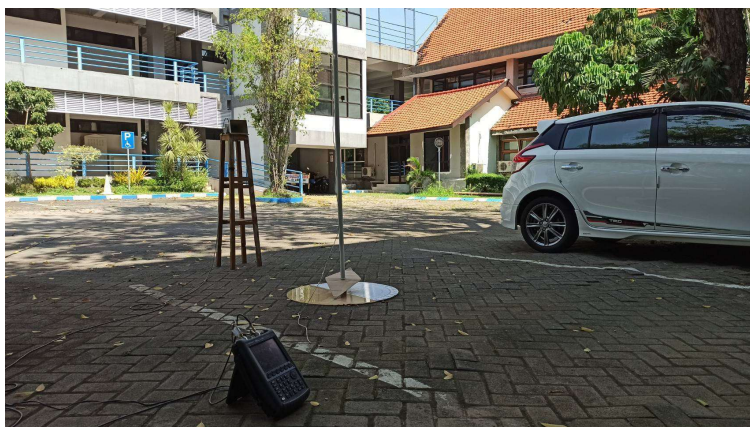
Gambar6.6 Kabel RG-58 10 m



Gambar6.7 Penyangga Antena Referensi dengan Tinggi 1,24 m



Gambar6.8 Gambarpengukuran S-parameter dan VSWR



Gambar6.9 Gambarpengukuran Pola Radiasi

Tabel 6.2Data Pengukuran Pola radiasi *port 1*

Sudut Pengukuran	S21
0	-87.09386432
10	-73.1425006
20	-77.84712334
30	-81.5994685
40	-69.86337454
50	-70.24396581
60	-81.3427548
70	-67.25327369
80	-68.59422614
90	-68.94692555
100	-67.00286753
110	-71.25096642
120	-69.30270534
130	-65.4637433
140	-66.48246491
150	-62.99926947
160	-62.99926947
170	-69.16104211
180	-61.62830778
190	-61.36779251
200	-60.68938257
210	-59.45150508
220	-63.74145368
230	-63.8098308
240	-61.92943429
250	-61.66878749
260	-61.94611624
270	-71.33980931
280	-71.33980931
290	-69.89532213
300	-72.16714507
310	-71.21810637
320	-68.51363557
330	-69.33222544
340	-65.33735919

Sudut Pengukuran	S21
350	-67.77032646

Tabel 6.3 Data Pengukuran Pola radiasi *port 2*

Sudut Pengukuran	S21
0	-70.5125
10	-79.4718
20	-71.6161
30	-69.8422
40	-67.7173
50	-68.6813
60	-62.5619
70	-67.3658
80	-67.8197
90	-67.9588
100	-73.9038
110	-65.0294
120	-65.3522
130	-71.2737
140	-69.713
150	-68.0863
160	-61.3503
170	-56.4588
180	-63.3799
190	-65.3879
200	-63.1403
210	-66.9959
220	-66.9959
230	-71.0469
240	-78.872
250	-69.8194
260	-77.801
270	-77.1121
280	-75.6381
290	-71.7124
300	-72.4639

Sudut Pengukuran	S21
310	-73.8706
320	-70.08
330	-71.6914
340	-68.8233
350	-67.9973

BIOGRAFI PENULIS



Penulis buku tugas akhir yang berjudul **“PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *RECTANGULAR WIDEBAND* POLARISASI GANDA DENGAN SLOT-U PADA FREKUENSI 3,5 GHZ”** bernama lengkap Wellfrid Partahi Monang Harianja. Kelahiran Wamena, 19 November 1997. Penulis menempuh pendidikan di SD sw. San Francesco Balige dan melanjutkan pendidikan di SMPN 4 Balige hingga lulus. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 2 Balige hingga lulus dan diterima di Teknik Elektro ITS. Selama kuliah penulis aktif mengikuti event-event terutama yang berhubungan dengan olahraga. Penulis memiliki moto hidup “ Jangan Mengejar Uang atau pun Pangkat tapi Kejarlah Kesempurnaan Diri”