TUGAS AKHIR – EE 184801

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MICROSTRIP BERPOLARISASI GANDA BERBASIS METODE STRUKTUR PENTANAHAN TIRUAN UNTUK PELEBARAN BANDWIDTH

Rendagusti Fatchul Baary
NRP 07111640000013

Dosen Pembimbing
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.

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

TUGAS AKHIR – EE 184801

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MICROSTRIP BERPOLARISASI GANDA BERBASIS METODE STRUKTUR PENTANAHAN TIRUAN UNTUK PELEBARAN BANDWIDTH

Rendagusti Fatchul Baary
NRP 07111640000013

Dosen Pembimbing
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.

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

FINAL PROJECT – EE 184801

DESIGN AND MANUFACTURE OF DUAL POLARIZATION MICROSTRIP ANTENAS BASED ON ARTIFICIAL GROUND STRUCTURE METHOD FOR BANDWIDTH ENHANCEMENT

Rendagusti Fatchul Baary
NRP 07111640000013

Supervisors
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
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 Microstrip Berpolarisasi Ganda Berbasis Metode Struktur Pentanahan Tiruan untuk Pelebaran Bandwidth**" 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, Juli 2020

Rendagusti Fatchul Baary
NRP 07111640000013

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MICROSTRIP BERPOLARISASI GANDA BERBASIS METODE STRUKTUR PENTANAHAN TIRUAN UNTUK PELEBARAN BANDWIDTH

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

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

SURABAYA
JULI, 2020

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MICROSTRIP BERPOLARISASI GANDA BERBASIS METODE STRUKTUR PENTANAHAN TIRUAN UNTUK PELEBARAN BANDWIDTH

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.
NIP. 197011111993031002

SURABAYA
JULI, 2020

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MICROSTRIP BERPOLARISASI GANDA BERBASIS METODE STRUKTUR PENTANAHAN TIRUAN UNTUK PELEBARAN BANDWIDTH

Nama : Rendagusti Fatchul Baary
Dosen Pembimbing I : Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Prof.Dr.Ir.Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.

ABSTRAK

Perkembangan dari antena microstrip sangat pesat namun antena microstrip masih memiliki kekurangan pada bandwidth, gain dan efisiensi sinyal yang. Kekurangan pada efisiensi bisa diperbaiki menggunakan antena microstrip berpolarisasi ganda sebagai pemancar sehingga handset yang hanya memiliki satu polarisasi selalu bisa menerima sinyal saat bergerak. Sedangkan untuk mengatasi kecilnya bandwidth yang belum memenuhi standart dari 3GPP Release 15 untuk frekuensi 2.6Ghz yang nantinya akan diaplikasikan pada antena 5G menggunakan metode pelebaran bandwidth.

Pada tugas akhir ini akan menggunakan metode artificial ground structure (AGS) sebagai metode pelebaran bandwidth yang bisa meningkatkan bandwidth secara signifikan antara 48,6sampai 78.26%. Ketepatan desain merupakan hal yang sangat penting untuk mencapai pelebaran yang signifikan. Dimensi unit cell dan jarak antar unit cell yang memiliki peranan dalam peningkatan bandwidth. Bentuk patch yang digunakan yaitu rectangular patch dan memiliki polarisasi ganda. Berdasar hasil simulasi menggunakan Software CST Microwave Studio 2017 antena microstrip tanpa AGS yang bekerja pada frekuensi 2.6 GHz memiliki bandwidth sebasar 79Mhz dengan return loss -15,02 dB dan VSWR bernilai 1,408. Sedangkan untuk antena microstrip dengan AGS memiliki bandwidth 199MHz dengan return loss bernilai -17,92dB dan VSWR bernilai 1,129. Pada simulasi, keduanya mampu memancarkan polarisasi ganda yaitu linier vertikal dan linier horizontal. Saat pengukuran antena tanpa AGS memiliki bandwidth sebesar 81MHz dengan fc yang bergeser menjadi 2,664GHz dengan nilai return loss pada fc sebesar -33dB dan VSWR bernilai 1,049. Untuk antena microstrip dengan AGS memiliki bandwidth sebesar 160 MHz dengan fc yang bergeser menjadi 2,814 GHz, pada fc nilai dari return loss sebesar -44,89

sedangkan VSWR bernilai 1,015. Kedua antena pada pengukuran juga mampu memancarkan polarisasi ganda yaitu linier vertical dan linier horizontal. Penggunaan metode AGS berhasil melebarkan bandwith sebesar 97,5%.

Kata kunci: Artifical Ground Structure, Bandwith Enhancement, Dual Polarization, Microstrip Antena, Rectangular Unit Cell

ABSTRACT

The development of microstrip antenas is very fast but have disadvantage in bandwidth, gain and efficiency of the received signal. The disadvantage inefficiency can be corrected using a dual-polarized microstrip antena as a transmitter so that the handset that only has one polarization can always receive signals while moving. To overcome the small bandwidth that does not fulfill the standard of 3GPP Release 15 for the 2.6Ghz frequency which will later be applied to the 5G antena using the bandwidth enhancement method.

In this final project will use an artificial ground structure (AGS) method as a bandwidth enhancement method that can significantly increase bandwidth between 48.6% to 78.26. The accuracy of the design is very important to achieve a significant improvement. The unit cell dimensions and the distance between unit cells that have a role in bandwidth enhancement. The shape of the patch used is a rectangular patch and has double polarization. Based on the simulation results using the CST Microwave Studio 2017 Software microstrip antena without AGS that works at a frequency of 2.6 GHz has a bandwidth of 79MHz with a return loss of -15.02 dB and VSWR worth 1.408. Whereas the microstrip antena with AGS has a 199MHz bandwidth with a return loss of -17.92dB and VSWR of 1.129. In the simulation, both of them are able to emit dual-polarized that is vertical and horizontal linear. When measuring antenas without AGS has a bandwidth of 81MHz with fc shifting to 2.664GHz with a return loss value of fc of -33dB and VSWR of 1.049. For microstrip antenas with AGS having 160 MHz bandwidth with fc shifting to 2,814 GHz, the fc return loss value is -44.89 while VSWR is 1,015. Both antenas in the measurement can also emit dual-polarized, vertical and horizontal linear. By using the AGS method successfully enhancement bandwidth by 97.5%.

Key Words : Dual Polarization, Microstrip Antena, Artifical Ground Structure, Bandwith Enhancement, Rectangular Unit Cell

Kata Pengantar

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, karunia dan petunjuk yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir dengan judul **"Perancangan dan Pembuatan Antena Microstrip Berpolarisasi Ganda Berbasis Metode Struktur Pentanahan Tiruan Untuk Pelebaran Bandwidth"** yang digunakan sebagai persyaratan menempuh siding Tugas Akhir pada program S1 Teknik Elektro pada Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Tehnik Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada perancangan dan pembuatan buku tugas akhir ini. Oleh karena itu, besar harapan penulis untuk menerima saran dan kritik dari para pembaca.

Semoga buku ini dapat memberikan manfaaat bagi para mahasiswa Institut Tehnik Sepuluh Nopember pada khususnya dan dapat memberikan nilai lebih untuk para pembaca pada umumnya.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **VIII**

ABSTRAK ..... **XIV**

ABSTRACT ..... **XVI**

KATA PENGANTAR ..... **XVIII**

DAFTAR ISI ..... **XIX**

DAFTAR GAMBAR ..... **XXIII**

DAFTAR TABEL ..... **XXV**

BAB 1 PENDAHULUAN **1**

1.1 **LATAR BELAKANG** 1
1.2 **RUMUSAN MASALAH** 1
1.3 **BATASAN MASALAH** 2
1.4 **TUJUAN PENELITIAN** 2
1.5 **METODOLOGI PENELITIAN** 2
1.6 **SISTEMATIKA PENULISAN** 3
1.7 **RELEVANSI** 4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **5**

2.1 **TEORI ANTENA** 5
2.1.1 ***Antena Microstrip [2]*** *5*
2.1.2 ***Antena Microstrip Array*** *7*
2.2 **TEKNIK PENCATUAN ANTENA *MICROSTRIP*** 8
2.3 **BAND FREKUENSI** 9
2.4 **PARAMETER ANTENA** 11
2.4.1 ***Return loss (RL)*** *12*
2.4.2 ***Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*** *12*
2.4.3 ***Bandwidth*** *13*
2.4.4 ***Pola Radiasi*** *14*
2.4.5 ***Polarisasi antena*** *15*
2.4.6 ***Gain [5]*** *16*
2.5 **ANTENA *RECTANGULAR PATCH* [2]** 17
2.6 ***ARTIFICAL MAGNETIC CONDUCTOR*** 18
2.7 ***ARTIFICAL GROUND STRUCTURE [3]*** 19
2.8 **TEKNIK PENGUKURAN ANTENA** 20

2.8.1 Pengukuran parameter Return Loss, Bandwidth dan VSWR 21
2.8.2 Pengukuran Pola Radiasi *21*
2.8.3 Pengukuran Gain *22*

BAB 3 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI 25

3.1 ALUR PERANCANGAN 25
3.2 SPESIFIKASI RANCANGAN 26
3.3 SIMULASI DENGAN CST 27
3.3.1 Pengaturan Frekuensi *28*
3.3.2 Field Monitor *28*
3.3.3 Setup Solver *29*
3.4 METODE PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MICROSTRIP TANPA AGS 30
3.4.1 Perancangan Antena *31*
3.4.2 Optimasi Antena *31*
3.5 METODE PERANCANGAN ELEMEN AGS SEBAGAI GROUND PLANE 31
3.5.1 Perancangan Jumlah Elemen AGS *32*
3.5.2 Perancangan Dimensi Unit Cell *32*
3.6 METODE PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MICROSTRIP DENGAN AGS 33
3.6.1 Perancangan Antena *33*
3.6.2 Optimasi Antena *33*
3.7 METODE PENGUKURAN 33
3.7.1 Prosedur Pengukuran Return Loss, VSWR, dan Bandwidth *34*
3.7.2 Prosedur Pengukuran Pola Radiasi *36*
3.7.3 Prosedur Pengukuran Gain *38*
3.8 METODE ANALISIS 41

BAB 4 HASIL SIMULASI 43

4.1 PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MICROSTRIP TANPA AGS 43
4.1.1 Perancangan Antena *43*
4.1.2 Optimasi Antena *47*
4.2 PERANCANGAN ELEMEN AGS SEBAGAI GROUND PLANE ... 51
4.2.1 Perancangan Jumlah Elemen AGS *51*
4.2.2 Perancangan dimensi Unit Cell *52*

4.3 PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA MICROSTRIP DENGAN AGS 53
4.3.1 Perancangan Antena *53*
4.3.2 Optimasi Antena *57*

BAB 5 PENGUKURAN DAN ANALISIS **63**

5.1 PENGUKURAN ANTENA TANPA AGS 64
5.1.1 Pengukuran Return Loss, VSWR, dan Bandwidth *64*
5.1.1.1 Pengukuran Return Loss dan Bandwidth 64
5.1.1.2 Pengukuran VSWR 65
5.1.2 Pengukuran Pola Radiasi dan Polarisasi *66*
5.1.3 Pengukuran Gain *68*
5.2 ANALISA HASIL PENGUKURAN ANTENA TANPA AGS 68
5.3 PENGUKURAN ANTENA DENGAN AGS 69
5.3.1 Pengukuran Reurn Loss, Bandwidth dan VSWR *69*
5.3.1.1 Pengukuran Return Loss dan Bandwidth 70
5.3.1.2 ***Pengukuran VSWR*** 71
5.3.2 Pengukuran Pola Radiasi dan Polarisasi *71*
5.3.3 Pengukuran Gain *72*
5.4 ANALISA HASIL PENGUKURAN ANTENA DENGAN AGS 73
5.4.1 Analisa Hasil Pengukuran Dengan Hasil Simulasi *73*
5.4.2 Analisa Hasil Pengukuran Antena Microstrip Tanpa AGS Dengan Antena Microstrip Dengan AGS *74*

BAB 6 PENUTUP **77**

6.1 KESIMPULAN 77
6.2 SARAN 77

DAFTAR PUSTAKA **79**

LAMPIRAN A PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR **81**

LAMPIRAN B DOKUMENTASI PENGUKURAN ANTENA **83**

BIOGRAFI PENULIS **87**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Antena Microstrip 6
Gambar 2.2 Macam-macam Bentuk Patch pada Antena Microstrip..... 6
Gambar 2.3 Microstrip Line Feeding 9
Gambar 2.4 Range frekuensi yang menjadi bandwidth 13
Gambar 2.5 Pola Radiasi Antena[2] 15
Gambar 2.6 (a) Unit cell Tampak atas (b) Unit cell Tampak samping (c) Artificial Ground Plane [3] 20

Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan..... 25
Gambar 3.2 Tampilan Frequency Range Setting 28
Gambar 3. 3 Tampilan Field Monitors..... 29
Gambar 3. 4 Tampilan Setup Solver – Time Domain Solver..... 30
Gambar 3. 5 Penyambungan Kabel Coaxial dan Power Divider..... 34
Gambar 3.6 Penyambungan Kabel Coaxial dan Antena yang Diuji 34
Gambar 3.7 Penyambungan Antena yang Diuji dan Power Divider... 35
Gambar 3.8 Tampilan Setting Keseluruhan 35
Gambar 3.9 Posisi Alat pada saat Pengukuran 36
Gambar 3.10 Posisi Antena Setelah Diputar 90 Derajat 38
Gambar 3.11 Skema Pengukuran Gain..... 38
Gambar 3.12 Pengukuran Gain Kombinasi 1 39
Gambar 3.13 Pengukuran Gain Kombinasi 2 40
Gambar 3. 14 Antena yang diukur..... 40

Gambar 4.1 Desain Antena Microstrip Awal (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang..... 44
Gambar 4.2 Hasil simulasi awal parameter S11 antena tanpa AGS..... 44
Gambar 4.3 Hasil simulasi awal VSWR antena tanpa AGS 45
Gambar 4.4 Hasil simulasi awal farfield antena tanpa AGS..... 45
Gambar 4.5 Hasil simulasi awal current surface port 1 antena tanpa AGS 46
Gambar 4.6 Hasil simulasi awal current surface port 2 antena tanpa AGS 46
Gambar 4.7 Hasil simulasi awal current surface antena tanpa AGS.... 47
Gambar 4.8 Hasil simulasi akhir parameter S11 antena tanpa AGS 48
Gambar 4.9 Hasil simulasi akhir VSWR antena tanpa AGS 48
Gambar 4.10 Hasil simulasi akhir farfield antena tanpa AGS 49
Gambar 4.11 Hasil simulasi akhir current surface port 1 antena tanpa

AGS 49
Gambar 4.12 Hasil simulasi akhir current surface port 2 antena tanpa AGS 50
Gambar 4.13 Hasil simulasi akhir current surface antena tanpa AGS ..50
Gambar 4.14 Hasil simulasi awal parameter S11 antena dengan AGS 54
Gambar 4.15 Hasil simulasi awal VSWR antena dengan AGS 54
Gambar 4.16 Hasil simulasi awal farfield antena dengan AGS.....54
Gambar 4.17 Hasil simulasi awal current surface port 1 antena dengan AGS 55
Gambar 4.18 Hasil simulasi awal current surface port 2 antena dengan AGS 55
Gambar 4.19 Hasil simulasi awal current surface antena dengan AGS 56
Gambar 4. 20 Hasil optimasi parameter S11 pada simulasi antena dengan AGS 57
Gambar 4.21 Hasil optimasi VSWR pada simulasi antena dengan AGS 58
Gambar 4.22 Hasil optimasi farfield pada simulasi antena dengan AGS 58
Gambar 4.23 Hasil plot pola radiasi Copolar pada simulasi antena dengan AGS.....59
Gambar 4.24 Hasil plot pola radiasi Crosspolar pada simulasi antena dengan AGS.....60
Gambar 4.25 Hasil plot pola radiasi pada simulasi antena dengan AGS 60

Gambar 5.1 Antena tanpa AGS tampak depan dan belakang 63
Gambar 5.2 Antena dengan AGS dan lapisan AGS.....63
Gambar 5.3 Antena tanpa AGS setelah dipasang konektor 64
Gambar 5.4 Hasil pengukuran parameter S11 pada anatena tanpa AGS 65
Gambar 5.5 Hasil pengukuran VSWR pada anatena tanpa AGS 66
Gambar 5.6 Pola Radiasi Copolar 67
Gambar 5.7 Pola radiasi Crosspolar 67
Gambar 5.8 Hasil pengukuran parameter S11 pada anatena dengan AGS 70
Gambar 5.9 Hasil pengukuran VSWR pada anatena dengan AGS.....71
Gambar 5.10 Pola Radiasi Copolar 72
Gambar 5.11 Pola Radiasi Crosspolar 72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Alokasi Frekuensi Kerja S-band[5]……10

Tabel 3.1 Sesifikasi Antena Yang Dirancang 27
Tabel 3.2 Spesifikasi FR4 Epoxy yang Digunakan 27

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Dimensi Antena 43
Tabel 4. 2 Hasil optimasi dimensi antena tanpa AGS 48
Tabel 4. 3 Perbandingan hasil simulasi kinerja antena tanpa AGS 51
Tabel 4. 4 Perbandingn jumlah unit cell dan kinerja antena 52
Tabel 4. 5 Dimensi awal unit cell 53
Tabel 4. 6 Dimensi awal antena dengan AGS..... 53
Tabel 4. 7 Hasil kinerja simulasi awal antena dengan AGS..... 56
Tabel 4. 8 Dimensi akhir antena dengan AGS 59
Tabel 4. 9 Hasil kinerja simulasi antena dengan AGS 61
Tabel 4. 10 Perbandingan dimensi antena tanpa AGS dan dengan AGS 61
Tabel 4. 11 Perbandingan kinerja antena tanpa AGS dan dengan AGS 62

Tabel 5.1 Perbandingan kinerja antena tanpa AGS pada simulasi dan pengukuran..... 68
Tabel 5. 2 Perbandingan kinerja antena dengan AGS pada simulasi dan pengukuran..... 73
Tabel 5. 3 Perbandingan hasil pengukuran kinerja antena tanpa AGS dan dengan AGS 75

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, sistem komunikasi berkembang secara pesat sehingga membutuhkan suatu perangkat antena yang ringan, dengan harga terjangkau, dan low profile serta mampu mempertahankan kinerja tinggi melalui spektrum frekuensi yang luas. Antena *microstrip* merupakan perangkat yang memiliki spesifikasi sesuai dengan apa yang dibutuhkan sekarang sehingga penelitian dalam desain antena microstrip sangat mendukung perkembangan teknologi 5G.

Metode AGS (artificial ground structure) merupakan suatu metode yang bisa melebarkan bandwidth pada antena microstrip dimana AGS ini terdiri dari unit cell berbentuk persegi panjang dan bersifat konduktif, penggunaan metode AGS dapat melebarkan bandwidth secara signifikan dimana hal tersebut dipengaruhi oleh lebar celah udara antar unit cell tersebut.

Polarisasi ganda yang dimaksut disini yaitu pada satu unit antena dapat memancarkan polaisasi linier yang bersifat vertikal dan horizontal secara bersamaan dimana pengaplikasian dari polarisasi ganda ini bertujuan untuk menjangkau semua perangkat yang bersifat bergerak atau mobile khususnya pada era 5G yang akan datang diamana pengaplikasiannya dominan pada perangkat yang bersifat mobile seperti handset atau handphone. Dimana dengan begitu perangkat tersebut yang hanya memiliki satu jenis polarisasi tetap bisa mendapatkan sinyal saat bergerak dan mendapatkan sinyal yang lebih baik.

Tugas akhir kali ini berfokus pada bagaimana mendesain elemen antena untuk pengguanaan dalam ruangan atau *indoor* dimana perangkat antena ini memiliki polarisasi ganda dengan frekuensi kerja pada 2.6Ghz dan memiliki bandwidth yang lebar untuk sesuai kriteria pada *3GPP release 15* yang bisa menjadi acuan secara internasional. Fokusan dari tugas akhir ini melihat dari parameter VSWR, bandwidth antena, return loss, dan polarisasi antena.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian pada tugas akhir ini dilakukan melalui perumusan masalah sebagai berikut.

1 Bagaimana merancang antena microstrip polarisasi ganda (vertikal dan horizontal) dalam satu elemen antena ?

2 Bagaimana melebarkan bandwidth elemen antena untuk memenuhi spesifikasi target yang telah ditentukan dengan mengimplementasi metode struktur pentanahan tiruan (Artificial Ground Structure) pada elemen antena ?

3 Bagaimana perbandingan performansi antena hasil simulasi dan pengukuran dari hasil fabrikasi antena yang sudah didesain?

1.3 Batasan Masalah

Pengerjaan tugas akhir ini dibatasi pada hal – hal sebagai berikut:

1. Frekuensi yang diamati adalah frekuensi *S-band* yaitu 2.6 Ghz
2. *Software* simulasi yang digunakan yaitu *Software CST Microwave Studio 2017*
3. Pelebaran *bandwidth* antena *microstrip* dengan menggunakan metode *Artificial Ground Structure*.
4. Parameter yang diperhatikan adalah parameter VSWR, *bandwidth* antena, *return loss*, dan polarisasi antena.
5. Pengukuran dilakuakan pada ruang terbuka atau *outdoor*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

1. Mendapatkan bentuk dan ukuran antena *microstrip* polarisasi ganda pada *rectangular patch* dengan *bandwidth* yang lebar dan bekerja pada frekuensi 2.6 GHz.
2. Mengapliasikan metode AGS untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar tanpa membutuhkan dimensi antena yang besar.

1.5 Metodologi Penelitian

Secara umum, Tugas Akhir ini dilakukan dengan metode eksperimental dengan urutan sebagai berikut:

1. Studi literatur

   Mempelajari teori dasar sebagai langkah awal penyelesaian tugas akhir, termasuk mempelajari berbagai referensi baik buku-buku maupun jurnal-jurnal yang terkait untuk mendapatkan metode-metode yang cocok baik pada spesifikasi awal perancangan antena maupun metode yang cocok untuk melebarkan *bandwidth* antena serta mempelajari cara menggunakan *software CST Microwave Studio 2017* untuk menghasilkan hasil simulasi yang sedekat mungkin dengan kondisi sebenarnya setelah di fabrikasi.

2. Perancangan dan Simulasi

   Setelah melakukan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan proses perancangan dan simulasi dengan menggunakan *software CST Microwave Studio 2017* berdasarkan dengan teori-teori yang ada dalam desain antena.

3. Realiasi dan Pengukuran Antena

   Setelah simulasi dilakukan, berikutnya dilakukan realisasi antena yang kemudian dilanjutkan dengan proses pengukuran parameter-parameter untuk menentukan kualitas suatu antena yang dirancang dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya pada tahap perancangan. Pengukuran parameter-parameter tersebut menggunakan alat Network Analyzer, Spectrum Analyzer, dan Sweep Oscilator. Kemudian melakukan analisa dengan membandingkan hasil pengukuran dengan hasil simulasi yang dilakukan sebelumnya.

4. Analisa dan Evaluasi Antena

   Dari hasil pengukuran yang diperoleh, maka akan didapatkan data yang kemudian bisa dianalisa dan apakah hasilnya sesuai dengan spesifikasi pada saat perancangan. Hal ini diperlukan untuk mendapatkan Gambaran kuantitatif terhadap perfomansi antena sehingga dapat diambil kesimpulan yang bersifat kuantitatif.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dari penulisan dalam menyelesaikan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab, yaitu

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan uraian singkat mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, Batasan masalah, metode penelitian, serta sistematika dari penulisan tugas akhir.

BAB 2 : LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisikan uraian dari dasar-dasar teori antena yang berkaitan dengan antena yang dirancang.

BAB 3 : METODE PERANCANGAN

Beriskan pembahasan mengenai metode dasar perancangan antena yang akan dirancang.

BAB 4 : HASIL SIMULASI

Bab ini memaparkan mengenai proses simulasi dari perancangan antena microstrip.

BAB 5 : PENGUKURAN DAN ANALISIS

Berisikan pengukuran dari Return Loss, VSWR, pola radiasi, polarisasi, dan gain beserta dengan Analisa dan komentar mengenai hasil dari pengukuran tersebut.

BAB 6 : PENUTUP

Bab ini membahas mengenai kesimpulan serta saran yang dapat diambil dari keseluruhan Tugas Akhir ini untuk memperbaiki dari kinerja sistem antena yang telah dibuat dan kemungkinan dapat dikembangkan lagi.

1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat antara lain:

1. Rancangan antena *microstrip* ini bisa dijadikan referensi untuk menyongsong perkembangan teknologi antena di era 5G.
2. Desain antena *microstrip* ini bisa dijadikan sebagai pendukung perkembangan teknologi komunikasi untuk kemandirian teknologi di Indonesia.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Antena

Antena didefinisikan sebagai suatu peralatan yang bersifat konduktor (biasanya berbentuk balok atau kawat) untuk memancarkan atau mengirim gelombang, dengan kata lain antena merupakan struktur transisi antara ruang bebas dan perangkat pemandu [2]. Perangkat tersebut bisa merupakan suatu saluran transmisi ataupun suatu kabel *coaxial* yang kemudian dipergunakan untuk membawa atau mengangkut energi elektromagnetik dari pemancar ke antena penerima, atau dari antena pemancar ke penerima. Oleh sebab itu kita mempunyai antena pemancar dan antena penerima.

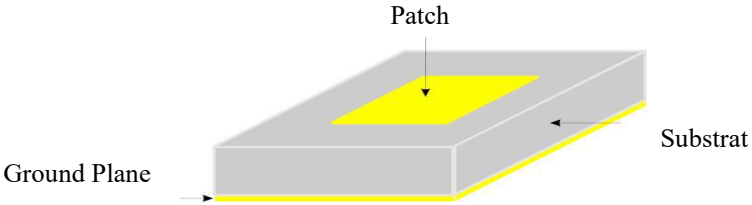
Antena memiliki beberapa bentuk yang umum digunakan dikehidupan yaitu antena kabel (*wired antena*), antena celah (*aperture antena)*, antena pantul (*refrector antena*), antena *microstrip* dan antena *log periodic*.

2.1.1 Antena Microstrip [2]

Antena *microstrip* menjadi sangat popular pada tahun 1970 terutama untuk pengaplikasian di ruang angkasa. Sekarang pengaplikasiannya sudah sangat banyak baik di pemerintahan maupun secara komersial. Antena *microstrip* merupakan suatu bahan konduktor metal yang menempel di atas suatu ground plane. Antena ini ringan dan mudah difabrikasi. Antena *microstrip* umumnya memiliki ukuran yang kecil sehingga antena *microstrip* dapat dengan mudah ditempatkan di segala jenis permukaan.

Sebagai media propagasi gelombang elektromagnetik, maka sesuai dengan karakteristik tersebut dapat dibuat suatu rancangan saluran transmisi dan radiator antena. Secara konseptual perancanga dari sebuah antena *microstrip* melalui dua tahap, yaitu : perancangan model saluran transmini dan perancangan ukuran dan model peradiasi atau radiator.

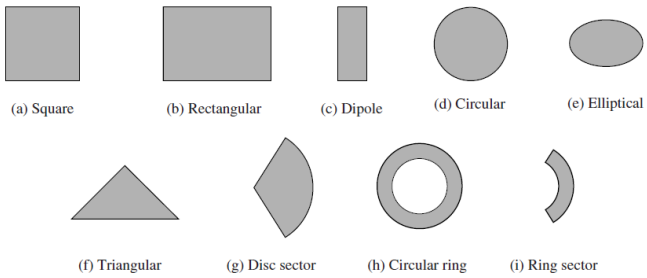
Bentuk geometri dari antena *microstrip* bisa diamati pada Gambar 2.1. Bentuk tersebut merupakan yang paling dasar pada sebuah antena *microstrip* yang terdiri dari *patch* sebagai elemen peradiasi, substrat dielektrik dan ground plane. Masing-masing bagian tersebut memiliki fungsinya masing-masing.



Gambar 2.1 Struktur Antena Microstrip

1. Elemen Peradiasi (*Patch*)

Elemen peradiasi merupakan lapisan paling atas pada antena *microstrip*, biasanya terbuat dari konduktor. Elemen peradiasi ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnet. Ada beberapa jenis radiator berdasar dari bentuknya, di antaranya *rectangular* (segiempat), *triangular* (segitiga), lingkaran dan lain-lain. Lalu untuk bentuk umum konfigurasi *patch* yang sering digunakan dalam perancangan suatu antena *microstrip* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2.2 Macam-macam Bentuk Patch pada Antena Microstrip

2. Substrat

Substrat terletak di bagian tengah antara *patch* dan ground plane. Substrat memiliki nilai konstanta dielektrik atau permitivitas relatif, faktor disipasi, dan ketebalan tertentu. Ketiga nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth*, dan juga efisiensi dari antena yang akan dibuat, semakin besar nilai permitivitas relative,

ukuran dari *patch* akan semakin kecil sehingga memperkecil daerah radiasi pula. Sedangkan ketebalan substrat berpengaruh pada *bandwidth*. Semakin tebal dielektrik substratnya, semakin lebar *bandwidth* yang dihasilkan, tetapi juga akan menambah timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*).

3. Ground plane

Ground plane berfungsi sebagai grounding bagi sistem di antena *microstrip* dan berfungsi juga sebagai *reflector*. Bagian ini umumnya memiliki jenis bahan yang sama dengan elemen peradiasi yang biasanya berupa logam tembaga.

Keunggukan yang dimiliki oleh antena *microstrip* antara lain ukuran yang kecil dan ringan, fabrikasi yang mudah, cenderung lebih murah, dan fleksibel, sehingga mudah untuk dimodifikasi pada bentuk dan ukurannya serta mudah dirangkai pada rangkaian gelombang mikro. Sedangkan kelemahan dari antena *microstrip* sendiri antara lain gain yang kecil, *bandwidth* yang sempit, gelombang yang tidak diinginkan bisa muncul dari *feedline* atau karena kesalahan dalam proses pemasangan port dan daya yang dapat diradiasikan rendah.

2.1.2 Antena Microstrip Array

Antena *microstrip* array adalah antena yang terdiri dari dua buah atau lebih antena yang identik yang digabungkan pada satu sumber atau beban yang disusun menurut konfigurasi geometris dan elektris tentunya untuk menghasilkan suatu pola radiasi yang direktif. Dalam antena *microstrip*, bagian yang disusun secara *array* adalah keseluruhan bagian antena. Baik *patch*, substrat dan ground plane. Medan total dari antena array dengan arah tertentu merupakan penjumlahan vektor dari medan yang diradiasikan oleh antena single element. Untuk membentuk pola radiasi yang diinginkan dari antena *array* dengan arah tertentu diperlukan medan dari setiap elemen *array* berinterferensi secara konstruktif ke arah yang ditentukan dan berinterferensi secara distruktif ke arah yang lain. Terdapat lima hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan antena array, yaitu :

1. Bentuk geometri (linier, melingkar, *rectangular* dll.)
2. Jarak antar element antena

3. Amplitudo eksitasi pada setiap elemen antena
4. Fase eksitasi setiap antena
5. Pola radiasi pada *single element*

2.2 Teknik Pencatuan Antena *Microstrip*

Teknik pencatuan pada antena *microstrip* merupakan teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena *microstrip*. Teknik ini sangat penting dalam penentuan proses perancangan antena *microstrip*. Terdapat beberapa metode pencatuan antena *microstrip*, yaitu *Electromagnetically Coupled (EMC), Microstrip Line Feeding, Coaxial Feeding,* dan *Aperture Feeding.* Masing-masing teknik memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing.

Pada tugas akhir ini digunakan metode *Microstrip Line Feeding.* Metode ini tersusun dari dua kondutor, yaitu sebuah strip dengan lebar Wo dan ground plane, keduanya dipisahkan dengan substrat yang memiliki permitivitas relative dan tebal (h). Parameter utama yang penting untuk diketahui pada suatu saluran transmisi adalah impedansi karakteristik (Zo). Impedansi karakterisik dari suatu saluran *microstrip* ditentukan oleh lebar strip dan tebal substrat.

Untuk menghitung saluran pencatu *microstrip* didapat dengan melakukan perhitungan panjang dan lebar line feeding. Lebar pencatu (Wo)didapat dari persamaan berikut[2]

$$Wo = \frac{\pi}{2}\left[B - 1 - ln(2B-1) + \frac{\varepsilon_r - 1}{2\varepsilon_r}\left(ln\{B-1\} + 0.39 - \frac{0.61}{\varepsilon_r}\right)\right] \; untuk \; \frac{Wo}{h} \geq 2$$

Dengan

$$B = \frac{377}{2Zo\sqrt{\varepsilon_r}}$$

Untuk Panjang pencatu (Lo) perhitungannya seperti berikut

$$Lo = \frac{c}{4fo\sqrt{\varepsilon_r}}$$

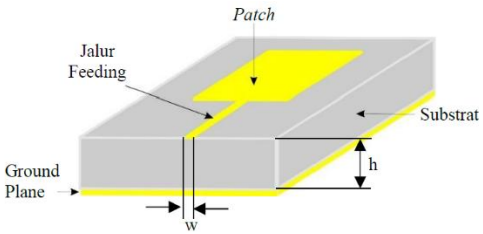
Sedangkan untuk menghitung kedalaman dari pencatu masuk ke *patch* (Yo) didapatkan dari persamaan berikut[2]:

$$Yo = \left(\frac{L}{\pi}\right) * \left(acos\left(\sqrt{\frac{Zo}{2 * (G1 + G12)}}\right)\right)$$

Dengan Zo yang merupakan impedansi karakteristik dan

$G1 = \frac{1}{120\pi^2}\left(-2 + cos(X) + X\, S_i(X) + \frac{sin\,(X)}{X}\right)$ dengan X= Ko*W dan $Ko = \frac{2\pi}{\lambda}$

$$G12 = \frac{1}{120\pi^2}\int_0^{\pi}\left[\frac{sin\left(\frac{X}{2}cos\theta\right)}{cos\theta}\right]^2 J_0(Ko * L * sin\theta)\, sin^3\theta\, d\theta$$



Gambar 2.3 *Microstrip Line Feeding*

2.3 Band Frekuensi

Band frekuensi merupakan suatu interval dalam domain frekuensi yang dibatasi oleh frekuensi bawah dan frekuensi atas. Pembagian frekuensi bertujuan untuk alokasi kegunaan rentang frekuensi tersebut. Ada beberapa Lembaga internasional dalam bidang Teknik Elektro yang membagikan referensi mengenai frekuensi salah satunya adalah IEEE.

Rentang frekuensi yang digunakan adalah S-band. S-band adalah bagian dari pita gelombang mikro dari spektrum elektro magnetic yang berasal dari *short wave*. Hal ini didefenisikan oleh IEEE untuk gelombang radio dengan frekuensi antara 2 sampai 4 Ghz, melintas batas konvensional *Ultra High Frequency* (UHF) dan *Super High Frequency* (SHF) di 3 Ghz. Frekuensi *S-band* digunakan pada pengaplikasian radar cuaca, radar kapal permukaan, dan beberapa satelit komunikasi. Kelebihan dari *S-band* terletak pada ketahanannya terhadap perubahan

cuaca (seperti hujan deras dan awan tebal),namun memiliki gangguan terhadap sinyal *Wi-Fi* di 2,4 Ghz.

Tabel 2.1 Alokasi Frekuensi Kerja S-band[4]

No	Frekuensi (GHz)	Aplikasi
1	2.4	Wi-Fi
2	2.6	4G LTE, *China Multimedia Mobile Broadcasting*, radio satelit, US *mobile TV*
3	2.7-2.9	*Airport Surveillance Radar*
4	3	*Weather Radar*
5	3.5	Wi-Max
6	3.8-4.2	*Uplink* satelit

Pada perancangan 5G berdasarkan dari 3GPP release 15 yang akan diterapkan pada alokasi frekuensi yang akan mendatang terbagi menjadi beberapa frekuensi mulai dari frekuensi 600Mhz sampai yang tertinggi pada 40Ghz dimana pembagiannya dapat dilihat pada tabel 2.2, untuk frekuensi 2.6GHz dapat diamati pada NR operating band n38 dan n41.

Tabel 2. 2 *Alokasi Frekuensi 5G [7]*

NR operating band	Uplink (UL) operating band	Downlink (DL) operating band
n1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz
n2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz
n3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz
n5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz
n7	2500 MHz – 2570 MHz	2620 MHz – 2690 MHz
n8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz
n12	699 MHz – 716 MHz	729 MHz – 746 MHz
n20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz
n25	1850 MHz – 1915 MHz	1930 MHz – 1995 MHz
n28	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 803 MHz
n34	2010 MHz – 2025 MHz	2010 MHz – 2025 MHz
n38	2570 MHz – 2620 MHz	2570 MHz – 2620 MHz
n39	1880 MHz – 1920 MHz	1880 MHz – 1920 MHz
n40	2300 MHz – 2400 MHz	2300 MHz – 2400 MHz
n41	2496 MHz – 2690 MHz	2496 MHz – 2690 MHz
n50	1432 MHz – 1517 MHz	1432 MHz – 1517 MHz
n51	1427 MHz – 1432 MHz	1427 MHz – 1432 MHz
n66	1710 MHz – 1780 MHz	2110 MHz – 2200 MHz
n70	1695 MHz – 1710 MHz	1995 MHz – 2020 MHz
n71	663 MHz – 698 MHz	617 MHz – 652 MHz
n74	1427 MHz – 1470 MHz	1475 MHz – 1518 MHz
n75	N/A	1432 MHz – 1517 MHz
n76	N/A	1427 MHz – 1432 MHz
n77	3300 MHz – 4200 MHz	3300 MHz – 4200 MHz
n78	3300 MHz – 3800 MHz	3300 MHz – 3800 MHz
n79	4400 MHz – 5000 MHz	4400 MHz – 5000 MHz
n80	1710 MHz – 1785 MHz	N/A
n81	880 MHz – 915 MHz	N/A
n82	832 MHz – 862 MHz	N/A
n83	703 MHz – 748 MHz	N/A
n84	1920 MHz – 1980 MHz	N/A
n86	1710 MHz – 1780MHz	N/A
n257	26500 MHz – 29500 MHz	26500 MHz – 29500 MHz
n258	24250 MHz – 27500 MHz	24250 MHz – 27500 MHz
n260	37000 MHz – 40000 MHz	37000 MHz – 40000 MHz
n261	27500 MHz – 28350 MHz	27500 MHz – 28350 MHz

2.4 Parameter Antena

Untuk menjelaskan kinerja dari suatu antena, dibutuhkan penjelasan dari beberapa parameter yang umum digunakan dalam perancangan antena *microstrip*, yaitu *Bandwidth*, *Return loss*, *Voltage Standing Wave Ratio*, pola radiasi, polarisasi, dan gain.

2.4.1 *Return loss* (RL)

Return loss (RL) adalah perbandingan antara amplitudo dan gelombang yang dipantulkan terhadap amplitudo gelombang yang dikirim. *Return loss* diGambarkan sebagai peningkatan dua komponen gelombang tegangan, yaitu dari tegangan yang dipantulkan (Vo^-) dan tegangan yang dikirim (Vo^+). Dan perbandingan tersebut dinamakan koefisien pantul tegangan dan dilambangkan dengan Γ.

$$RL = -20\log \Gamma$$

Return loss dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*). Besarnya *Return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi. Untuk mencari nilai dari *Return loss* bisa diperoleh dengan memasukkan nilai koefisien pantul tegangan kedalam rumus di atas.

Nilai dari *Return loss* yang sering digunakan adalah di bawah -9.84dB atau untuk simulasi nilai *Return loss* di bawah -10dB. Nilai ini juga digunakan untuk menentukan lebar dari *Bandwidth* sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang dipantulkan tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan gelombang yang dikirim atau dengan kata lain, saluran trasmisi sudah dalam keadaan matching. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antena sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

2.4.2 *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum dari suatu gelombang berdiri yang terjadi karena tidak *matching*nya saluran. Secara matematis, VSWR dituliskan sebagai berikut

$$VSWR = \frac{Vmax}{Vmin} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$dimana\ \Gamma = \frac{Vo^-}{Vo^+} = \frac{Zl - Zo}{Zl + Zo}$$

Dengan

Γ = koefisien pantul
Zl = impedansi beban
Zo = impedansi karakteristik

VSWR bernilai 1≤ VSWR ≤ ∞, sehingga semakin besar nilai VSWR, maka makin buruk pula perfomansi antena. Hal ini disebabkan semakin banyaknya gelombang yang dipantulkan oleh antena seiring dengan meningkatnya nilai VSWR.

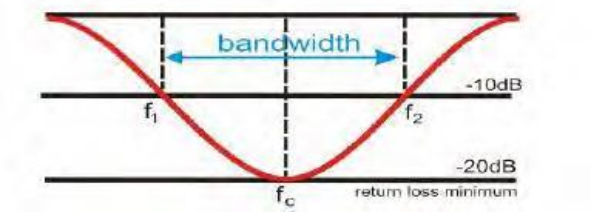
2.4.3 Bandwidth

Bandwidth dari suatu antena bisa didefinisikan sebagai suatu rentang frekuensi kinerja antena, dengan beberapa karakteristik sesuai dengan yang ditentukan oleh standart. *Bandwidth* dapat diartikan sebagai rentang frekuensi dari frekuensi terendah sampai frekuensi tertinggi suatu antena bisa bekerja, dimana karakteristik antena seperti input impedansi, beamwidth, polarisasi, dan gain, berada pada nilai yang dapat diterima khalayak umum di pusat frekuensi. Untuk antena broadband, *bandwidth* biasanya dinyatakan sebagai rasio frekuensi atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *narrowband* antena, maka lebar bidang antena dinyatakan sebagai persentase dari selisih frekuensi di atas frekuensi tengah dari lebar bidang [2]. Berikut adalah persamaan *bandwidth* dalam persentase

$B_p = \frac{f_H - f_L}{f_c} x100\%$ dimana $f_c = \frac{f_H + f_L}{2}$

Keterangan :

Bp = *Bandwidth* dalam persentasi(%)
f_H = Frekuensi tertinggi
f_L = Frekuensi terendah
fc = Frekuensi tengah



Gambar 2.4 Range frekuensi yang menjadi bandwidth

2.4.4 Pola Radiasi

Pola radiasi antena didefinisikan sebagai suatu fungsi matematis atau disebut juga sebagai referensi grafis dari sifat pola radiasi antena sebagai fungsi koordinat ruang. Dalam banyak kasus pola radiasi ditentukan oleh *far-field region* dan direpresentasikan sebagai suatu koordinat ruang[2]. Bagian-bagian dari pola radiasi disebut sebagai *"lobe"* dan diklasifikasikan sebagai *"main lobe, minor lobe, back lobe,* dan *side lobe"*[2]. Pada bagian *main lobe* kita bisa menentukan parameter dari *Half Power Beamwidth* (HPBW) dan *First Null Beamwidth* (FNBW).

Half Power Beamwidth (HPBW) merupakan suatu sudut yang dibentuk oleh dua arah di mana intensitas radiasi yang terbaca setengah kali lebih kecil dari pada intensitas radiasi maksimum atau -3 dB dari intensitas radiasi maksimum pada suatu bidang pengamatan contohnya bidang azimuth atau elevasi. Sedangkan First Null Beamwidth (FNBW) adalah sudut pengamatan di mana intensitas radiasi yang terbaca nol satuan untuk pertama kalinya.

Bagian-bagian dari pola radiasi antena dari Gambar di bawah terdiri dari[2]:

a. *Main lobe* atau *major lobe* atau *main beam* merupakan radiasi *lobe* yang memiliki arah radiasi maksimum
b. *Minor lobe* adalah sebutan untuk semua *lobe* kecuali *main lobe*
c. *Side lobe* merupakan radiasi yang terjadi di arah manapun selain dari arah *lobe* yang diinginkan
d. *Back lobe* merupakan radiasi *lobe* yang sumbunya membuat sudut 180^0 dari *main lobe*, biasanya berkenaan dengan *minor lobe* yang menempati arah yang berlawanan dengan *main lobe*.

Pola radiasi bisa dikelompokkan menjadi 3 yaitu *isotropic*, *directional*, dan *omnidirectional*

a) *Isotropik*

Suatu antena yang secara hipotesa bersifat *lossless* dan mempunyai radiasi yang sama ke segala arah[2]. Antena ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan ini jarang digunakan untuk memperlihatkan pola radiasi antena yang sesungguhnya.

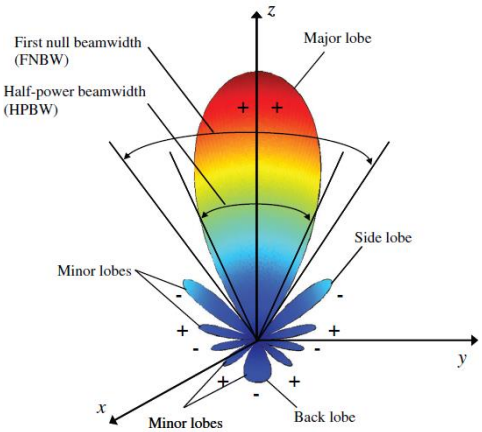
b) Directional

Antena yang mempunyai radiasi untuk menerima dan memancarkan gelombang elektromagnetik lebih efektif ke beberapa atah tapi tidak kearah lain atau dengan kata lain efisien kearah yang telah ditentukan. Biasanya dipakai pada antena yang mempunyai

direktifitas yang lebih besar dari pada antena dipole setengah gelombang.

c) *Omnidirectional*

Omnidirectional merupakan penggabungan pola dari dua bidang yang saling orthogonal di mana tidak berarah di bidang *azimuth* dan pola terarah di bidang elevasi [2]. Pola radiasi *omnidirectional* merupakan pola khusus dari pola *directional.*



Gambar 2.5 Pola Radiasi Antena[2]

2.4.5 Polarisasi antena

Polarisasi antena merupakan suatu arah medan listrik yang diradiasikan oleh antena atau bisa didefinisikan juga sebagai suatu gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antena pada suatu arah tertentu. Bila arahnya tidak ditentukan maka arah dari polarisasi terdapat pada gain maksimum[2]. Dengan kata lain, posisi dan arah medan listrik dengan referensi terhadap permukaan bumi atau *ground* menentukan polarisasi gelombang. Polarisasi dapat dikelompokkan atau diklasifikasi sebagai linear (linier), *circular* (melingkar), dan *elliptical* (elips).

a. 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 [2]

b. 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 $\delta=-\pi/2$.

c. Polarisasi Elips

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

2.4.6 Gain [5]

Ketika antena digunakan pada suatu sistem, biasanya lebih tertarik pada bagaimana efisiensi suatu antena untuk memindahkan daya yang terdapat pada terminal input menjadi daya radiasi. Power gain (gain) didefinisikan sebagai 4π dikali intensitas pada suatu arah dengan daya yang diterima antena, dan bisa juga dinyatakan dengan

$$G = 10log\frac{Um}{Umr}$$

Keterangan :

Um = Intensitas radiasi maksimum antena
Umr = Intensitas radiasi maksimum dari antena referensi

Terdapat dua jenis parameter pada gain, yaitu absolute gain dan relative gain. Absolute gain pada sebuah antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antena teradiasi secara isotropic. Secara matematis nilai dari absolute gain bisa dihitung menggunakan persamaan

$$G(\theta,\emptyset) = 4\pi\frac{U(\theta,\emptyset)}{P_m}$$

Keterangan :
U = Intensitas radiasi antena
P_m = Daya input antena (watt)

Sedangkan relative gain 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}(lossless). Rumus matematis untuk mencari nilai dari relative gain:

$$G = 4\pi \frac{U}{P_{in\ (lossless)}}$$

Keterangan :

U = Intensitas radiasi antena

Pin(lossless) = Daya input antena isotropic lossless (watt)

2.5 Antena *Rectangular Patch* [2]

Salah satu *patch* antena *microstrip* yang popular dan sering digunakan adalah *patch rectangular* dan circular. Kedua jenis *patch* ini sering digunakan karena bentuk geometri yang sederhana dan analisa yang mudah untuk berbagai macam pengaplikasian seperti antena polarisasi ganda, frekuensi ganda dan antena dengan *bandwidth broadband*. Parameter yang perlu diperhatikan dalam mendesain antena dengan *patch rectangular* adalah konstanta dielektrik (ε_r), ketebalan substrat (h), frekuensi resonansi, dan lebar *patch* (W)

Berikut merupakan persamaan untuk mencari lebar *patch*[5]

$W = \frac{\lambda_o}{2}\left(\frac{\varepsilon_r+1}{2}\right)^{-1/2}$ dimana $\lambda o = \frac{c}{fo}$

Keterangan :

W = Lebar *patch* (meter)

λo = Panjang gelombang (meter)

ε_r = Konstanta dielektrik

fo = Frekuensi kerja (Ghz)

c = Kecepatan cahaya di ruang hampa ($3x10^8$)m/s

Selain itu diperlukan pula nilai permitivitas rata-rata yang dicari dengan persamaan sebagai berikut [6]

$$\varepsilon_r eff = \frac{\varepsilon_r+1}{2} + \frac{\varepsilon_r-1}{2}\left(1 + 12\frac{h}{W}\right)^{-1/2}$$

Keterangan :

$\varepsilon reff$ = Nilai permitivitas efetif

εr = Nilai konstanta dielektrik
h = Tebal substrat (meter)

Pada *parallel plate waveguide*, lebar strip W diasumsikan bernilai jauh lebih besar dibandingkan tebal dielektrik sehingga *fringing field* dapat diabaikan. Sedangkan pada saluran *microstrip*, tidak selamanya lebar strip W lebih besar dibandingkan tebal dielektrik sehingga fringe effect pun muncul. Karena adanya pengaruh fringe effect panjang *patch* (L) diperlukan, parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L, dirumuskan dengan[6]

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

Karena diperpanjang pada masing-masing sisi, maka panjang *patch* efektif (Leff) sekarang[6]

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

Panjang *patch* sebenarnya (L) akan didapat[5]

$$L = \frac{c}{2fo\sqrt{\varepsilon_r eff}}$$

Untuk Panjang ground (Lg) dan lebar ground (Wg) bisa dihitung menggunakan persamaan[6]

$$Lg = 6 * h + L$$

$$Wg = 6 * h + W$$

2.6 Artifical Magnetic Conductor

Artificial Magnetic Conductor (AMC) merupakan suatu permukaan yang berimpedansi tinggi atau *High Impedance Surface* (HIS) yang memantulkan gelombang datang, umumnya terbagi menjadi 3 katagori yaitu *Photonic Bandgap Structure* (PBG), *Electromagnetic Band gap Structure* (EBG), dan *Artifical Ground* (AG) *Structure*. Terkadang AMC juga sering disebut sebagai EBG

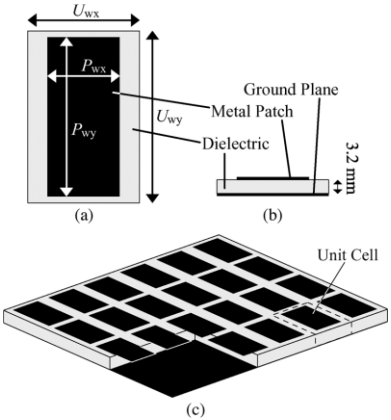
Sebuah AMC terdiri dari lapisan konduktor, lapisan *ground plane* dan via. Lapisan konduktor dibentuk pertama kali dalam jumlah banyak dalam bentuk cell-cell. Sedangkan via adalah penghubung dari layer konduktor ke *ground plane.* Ide akan sebuah konduktor magnetic yang sempurna atau *Perfect Magnetic Conductor* (PMC). PMC merupakan hal yang mendasari dari AMC. Dengan PMC sebagai *ground plane* pada antena, maka akan tercipta arus positif pada antena dipole parallel di atasnya. Kondisi dari AMC atau PMC dikarakteristikkan sebagai frekuensi yang mempunyai *magnitude* dari koefisien pantulnya sebesar +1 dan fasanya 0°, mempunyai impedansi permukaan (Zs) yang tinggi, dan akan memantulkan gelombang elektromagnetik tanpa pembalikan fasa.

2.7 Artifical Ground Structure [3]

Jika AMC/EBG merupakan permukaan dengan impedansi tinggi yang dihubungkan oleh via antara konduktor dan ground planenya, maka AGS merupakan bentuk dari AMC yang tidak menggunakan via. Sebuah struktur planar AG digunakan sebagai *reflector*, terbuat dari piringan metal berbentuk persegi panjang atau biasa disebut dengan *unit cell* dengan *air gap* yang mengelilinginya. Struktur AG biasanya digunakan untuk meningkatkan *bandwidth* dalam antena *microstrip* dan *air gap*nya memerankan peran penting di dalamnya.

AGS tidak memiliki *band gap* seperti halnya pada EBG dan mengubah pantulan fasa sesuai dengan keadaan polarisasi pada gelombang datang. Dengan menggabungkan gelombang yang ditransmisikan dengan gelombang pantulan dari AGS maka akan didapatkan antena broadband seperti pada prinsip gelombang superposisi yang akan saling menguatkan apabila memiliki fasa yang sama[2]. AGS dapat melebarkan *bandwidth* karena adanya *unit cell* yang dimilikinya. Dengan unit cell dan air gap yang berukuran sama maka akan tercipta kondisi *boundary* yang bersifat periodik yang nantinya akan berfungsi mengubah nilai konstanta dielektrik sehingga mendapatkan nilai konstanta dielektrik buatan dengan dielektrik substrat yang biasa ditemukan di alam. Diketahui bahwa semakin rendah dari nilai konstanta dielektrik pada substrat dan semakin tebal suatu substrat akan menyebabkan pelebaran dari *bandwidth* . nilai dari konstanta dielektrik hanya berkisar 2.2 sampai 16, denga menggunakan bahan metamaterial bisa dihasilkan konstanta dielektrik dengan nilai negative sehingga peningkatan atau pelebaran dari *bandwidth* yang dihasilkan oleh antena *microstrip* akan semakin lebar.

Pantulan fase mengikuti keadaan polarisasi dari gelombang datang karena berhubungan dengan lebar *patch* dan lebar dari *unit cell* yang berbeda satu sama lain. Struktur ini didesain untuk mempunyai refleksi berfasa -90° untuk polarisasi Y dan +90° untuk polarisasi X.[2]



Gambar 2.6 (a) Unit cell Tampak atas (b) Unit cell Tampak samping (c) Artificial Ground Plane [3]

2.8 Teknik Pengukuran Antena

Pengukuran antena dilakukan untuk memastikan bahwasanya antena yang dirancang dan setelah difabrikasi sesuai dengan kinerja yang diharapkan. Pengukuran antena dilakukan didaerah medan jauh antena, hal ini dimaksutkan agar hasil yang didapatkan tidak terpengaruh oleh medan dari benda-benda di sekitarnya. Jarak pengukuran antena pemancar dengan antena penerima yaitu R > $2\frac{D^2}{\lambda}$, dengan D merupakan panjang dimensi terbesar dari antena dan λ merupakan panjang gelombang. Untuk meminimalisir kesalahan dan data yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan maka syarat-syarat pengukuran harus diperhatikan seperti stabilitas dari frekuensi pada sistem yang tidak boleh berubah-ubah, kriteria medan jauh maupun interferensi dari benda-benda sekelilingnya, dan antena diarahkan berimpit dengan sumbu utama. Namun kondisi ideal tersebut susah untuk dicapai dikarenakan kondisi nyatanya sebagai berikut:

a. Pengukuran antena sering kali dipengaruhi oleh pantulan gelombang yang tidak diinginkan

b. Pengukuran *outdoor* memberikan kondisi lingkungan EM yang tidak terkontrol
c. Secara umum teknologi pengukuran antena yang ideal sangatlah mahal.

Mempertimbangkan hal-hal di atas maka pada pengukuran ini akan dilakukan pengukuran antena dengan kondisi yang seideal mungkin. Dengan menggunakan sarana dan prasarana yang terbatas tetapi diharapkan mendapatkan hasil yang maksimal dan dapat dipertanggung jawabkan.

2.8.1 Pengukuran parameter Return Loss, Bandwidth dan VSWR

Voltage Standing Ratio (VSWR) merupakan parameter yang mengindikasikan kesesuaian sebuah antena terhadap saluran transmisinya sehingga mempengaruhi daya yang diterima. Nilai VSWR harus sesuai dengan ambang batas dari perangkat yang digunakan. Pada tugas akhir ini nilai VSWR yang diharapkan $\leq$ 2,0. Pengukuran bandwidth dilakukan untuk mengetahui daerah frekuensi yang dimiliki suatu antena. Pengukuran bandwidth sendiri erat kaitannya dengan pengukuran S1,1 dimana daerah kerja frekuensi suatu antena adalah ketika anntena tersebut meiliki nilai parameter Return Loss $\leq$ -10dB.

Pada pengukuran ini menggunakan Vektor Network Analyzer (VNA) Agilent N9923A Fieldfox untuk mendapatkan Parameter Return Loss, Badwidth dan VSWR antena microstrip. Parameter yang diukur dapat langsung terbaca saat antena dihubungkan dengan VNA. Untuk melihat parameter yang diukur perlu dilakukan pengaturan pada VNA sesuai dengan manual yang ada pada perangkat.

2.8.2 Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran pola radiasi dilakukan untuk mengetahui bentuk dari pola radiasi antena *microstrip* yang telah difabrikasi. Pengukuran dari pola radiasi ini menggunakan prinsip reprositas dimana secara ideal satu antena dapat dipergunakan sebagai antena pemancar sekaligus antena penerima. Pada pengukuran ini dipergunakan dua antena dimana antena pertama adalah antena horn yang dihubungkan dengan sebuah signal generator sebagai antena pengirim dan antena mikrostip yang telah difabrikasi sebagai antena penerima yang kemudian dihubungkan dengan sebuah spectrum analyzer. Penempatan kedua antena ini diletakan dalam

posisi sejajar dengan ketinggian ± 1 meter dari lantai dan jarak R > $2\frac{D^2}{\lambda}$ antara kedua antena. Metode pengukuran ini menggunakan metode pengukuran medan jauh karena keterbatasan peralatan dan tempat yang ada.

2.8.3 Pengukuran Gain

Ada dua metode untuk mengukur gain absolut. Kedua metode ini adalah metode 2 antena dan 3 antena. Kedua antena ini sama-sama menggunakan persamaan Friis seperti ditunjukkan pada persamaan dibawah ini

$$(G_{ot})_{dB} + (G_{or})_{dB} = 20\log\frac{4\pi R}{\lambda} + 10\log\frac{Pr}{Pt}$$

Di mana :

G = Gain absolut (dB);
R = Jarak pisah antara antena pemancar dan penerima (meter);
λ = Panjang gelombang pada frekuensi yang digunakan (meter);
Pt = Daya pengirim (Watt);
Pr = Daya penerima (Watt).

Metode 2 antena dipakai jika antena pemancar dan antena penerima identik (bentuk patch, ukuran patch, gain, pola radiasi, dll). Dengan mengukur R dan perbandingan Pr/Pt, maka nilai gain antena dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$(G_{ot})_{dB} = (G_{or})_{dB} = \frac{1}{2}[\,20\log\frac{4\pi R}{\lambda} + 10\log\frac{Pr}{Pt}]$$

Metode 3 antena untuk antena pengirim dan antena penerima tidak harus identik, tetapi harus memiliki frekuensi kerja yang sama. Metode tiga antena tidak memperhitungkan apakah antena tersebut sebagai pengirim atau penerima. Karena menggunakan tiga antena, maka terdapat 3 kombinasi yang mungkin terjadi, yaitu:

a. Kombinasi 1-2 :

$$(G_1)_{dB} + (G_2)_{dB} = 20\log\frac{4\pi R}{\lambda} + 10\log\frac{Pr}{Pt}$$

b. Kombinasi 1-3 :

$$(G_1)_{dB} + (G_2)_{dB} = 20\log\frac{4\pi R}{\lambda} + 10\log\frac{Pr}{Pt}$$

c. Kombinasi 2-3 :

$$(G_2)_{dB} + (G_3)_{dB} = 20\log\frac{4\pi R}{\lambda} + 10\log\frac{Pr}{Pt}$$

Ketiga persamaan diatas dapat dituliskan sebagai berikut

G_1 (dB) + G_2 (dB) = A

G_1 (dB) + G_3 (dB) = B

G_2 (dB) + G_3 (dB) = C

Dengan demikian penyelesaian untuk ketiga persamaan di atas adalah:

G_1(dB) $= \frac{1}{2}(A + B - C)$

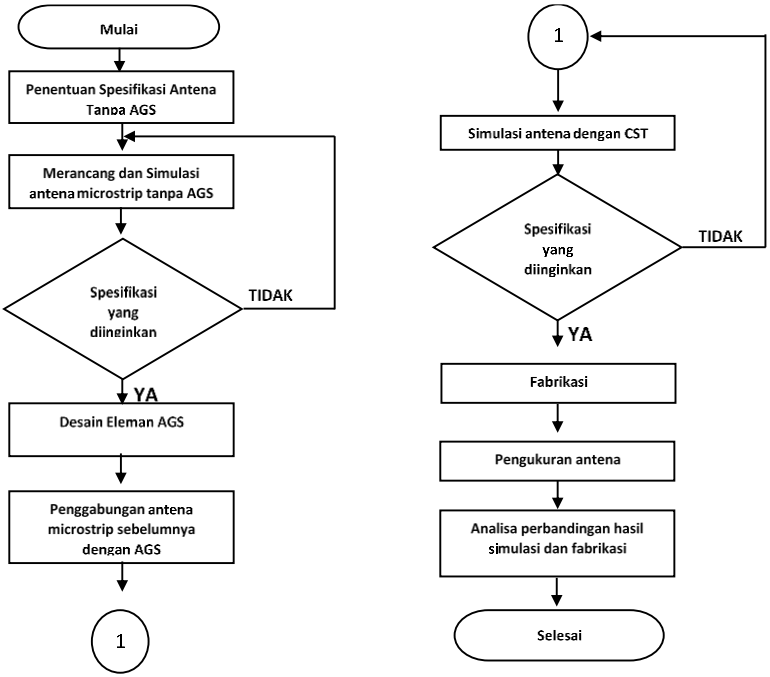
G_2(dB) $= \frac{1}{2}(A - B + C)$

G_3(dB) $= \frac{1}{2}(-A + B + C)$

BAB 3
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Alur Perancangan

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai proses proses perancangan antena yang terdiri dari perancangan antena microstrip tanpa AGS dan perancangan antena microstrip dengan AGS. Alur keseluruhan dari proses perancangan antena microstrip ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Diagram Alir Perancangan*

Proses perancangan dimulai dengan penentuan spesifikasi antena microstrip yang diinginkan dan parameter yang sesuai, langkah selanjutnya ialah melakukan perancangan dan simulasi menggunakan

bantuan software CST Microwave Studio 2017. Pada tahap perancangan dan simulasi dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian perancangan dan simulasi antena microstrip tanpa AGS, perancangan elemen AGS dan penggabunagn antena mictrostrip tanpa AGS dan elemen AGS. Pada tahap perancangan dan simulasi antena microstrip tanpa AGS di mana kinerja dari antena yang dirancang akan diamati, jika hasil simulasi belum menunjukkan hasil yang optimal maka akan dilakukan optimasi hingga kinerja antena pada simulasi mendekati ataupun memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Setelah didapatkan desain antena microstrip tanpa AGS langkah selanjutnya yaitu mendisain elemen AGS dan mensimulasikannya pada software CST Microwave Studio 2017, setelah mendapatkan hasil desain yang sesuai dengan apa yang diinginkan tahap selanjtnya ialah menggabungkan desain antena microstrip tanpa AGS dengan elemen AGS sehingga terbentuklah antena microstrip dengan AGS. Langkah selanjutnya adalah mengamati parameter kinerja dari antena microstrip dengan AGS apakah parameter kinerja dari antena tersebut sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan, jika belum memenuhi maka akan dilakukan optimasi hingga mendapatkan hasil yang mendekati atau memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

Tahap selanjutnya adalah fabrikasi lalu dilanjutkan dengan pengukuran kinerja antena microstrip dengan AGS untuk diamati kinerja antena yang sesungguhnya. Data dari hasil pengukuran akan dibandingkan dengan data dari hasil simulasi dan dianalisis.

Tahap akhir yaitu melakukan pembuatan laporan penelitian tugas akhir yang didasarkan dari data-data yang telah diperoleh.

3.2 Spesifikasi Rancangan

Dalam penentuan dari spesifikasi antena microstrip perlu diperhatikan kebutuhan dari antena yang akan dirancang, oleh sebab itu antena microstrip ini dirancang untuk kebutuhan anten 5G, sehingga perlu memenuhi standard dari 5G tersebut. Maka dalam penentuan spesifikasi antena microstrip ini penulis merujuk pada referensi [7]. Perancangan antena microstrip ini diharapkan memiliki parameter-parameter utama yang tertera pada tabel 3.1 dimana spesifikasi tersebut telah ditetapkan terlebih dahulu sebelum dilakukan perancangan dan simulasi untuk kemudian diamati kinerja dari antena microstrip tersebut.

Tabel 3.1 *Sesifikasi Antena Yang Dirancang*

Spesifikasi Antena	Keterangan	Satuan
Bentuk Patch Antena	Rectangular	-
Frekuensi Kerja	2.6	Ghz
Bandwidth	≥ 194	Mhz
Return Loss	≤ -10	dB
VSWR	< 2	-
Polarisasi	Ganda (vertical dan horizontal)	-
Metode Pencatuan	Feeding Line	-

Setelah parameter-parameter pada tabel 3.1 ditetapkan, langkah selanjutnya adalah menentukan bahan yang akan digunakan sebagai substrat dalam pembuat antena. Bahan yang dipilih adalah FR-4 *Epoxy*, dimana bahan tersebut mudah didapatkan , murah dan sering dipakai dalam pembuatan antena microstrip. Sedangkan bahan yang digunakan untuk *patchnya* sepert pada umumnya menggunakan tembaga dengan ketebalan 0.035mm. Untuk spesifikasi dari bahan FR-4 *Epoxy* dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 *Spesifikasi FR4 Epoxy yang Digunakan*

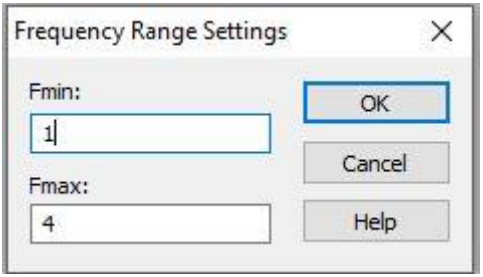
Karakteristik	Nilai	Satuan
Koefisien Dielektrik	4.3	-
Koefisien Permeabilitas	1	-
Frekuensi	1.10^9-9.10^9	Hz
Rugi-rugi Tangensial	0.025	-
Kerapatan Massa	1900	Kg/m^3
Ketebalan	1.6	mm

3.3 Simulasi dengan CST

Pada tugas akhir ini menggunakan software CST Microwave Studio 2017 sebagai simulator antena microstrip yang dirancang. Pada subbab ini akan menjelaskan penggunaan beberapa konfigurasi *tools* yang diperlukan selama melakukan proses desain da simulasi pada software CST Microwave Studio 2017. Konfigurasi disini berfungsi sebagai

batasan-batasan bagi software dalam melakukan simulasi dan meingkatkan keakuratan dari hasil simulasi.

3.3.1 Pengaturan Frekuensi

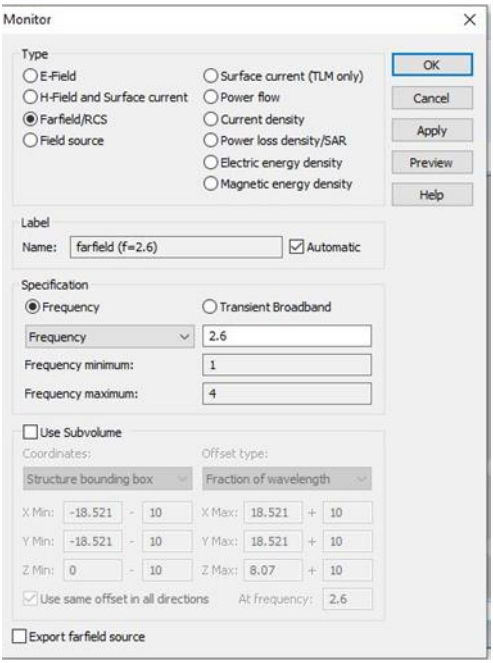


Gambar 3.2 *Tampilan Frequency Range Setting*

Pengaturan frekuensi atau dalam bentuk toolsnya adalah frequency range berfungsi sebagai pemberi antena frekuensi saat simulasi dijalankan. Dalam menentukan batas atas dan batas bawah frekuensi sebaiknya selisih antara batas atas dan batas bawah tidak terlalu besar karena semakin besar range frekuensi yang disimulasikan maka proses simulasi akan berjalan lebih lama, hal tersebut disebabkan oleh mess cells yang semakin banyak sehingga semakin banyak pula yang harus dihitung oleh komputer. Karena antena didesain untuk bekerja pada frekuensi 2.6 Ghz maka rentang frekuensi yang digunakan adalah 1Ghz sebagai batas bawah dan 4Ghz sebagai batas atas.

3.3.2 Field Monitor

Field monitor digunakan untuk mengetahui karakteristik distribusi medan elektromagnetik dari antena pada frekuensi tertentu. Field Monitor bersifat lebih spesifik jika dibandingkan dengan frequency range. Dalam pengaturannya dimungkinkan untuk mendefinisikan frekuensi secara spesifik sesuai keinginan.



Gambar 3. 3 *Tampilan Field Monitors*

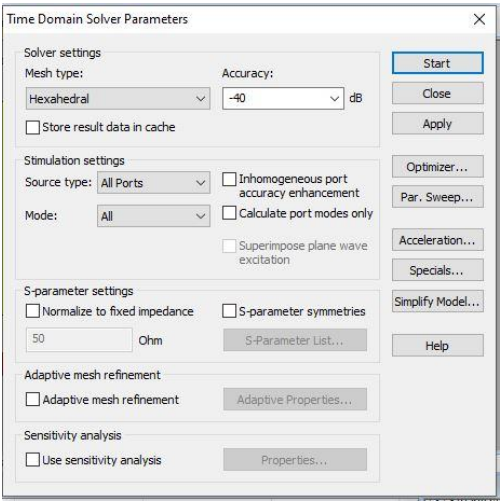
Jendela pada field monitor memiliki beberapa sub pengaturan antara lain Type, Label dan Spesification. Type adalah pengaturan yang digunakan untuk mengatur tipe karakteristik yang ingin diamati. E-Field digunakan untuk mengamati karakteristik dari medan listriknya, H-Field digunakan untuk mengamati karakteristik dari medan magnetnya, farfield digunakan untuk mengamati pola dari medan jauhnya, dan surface current digunakan untuk mengamati distribusi arus pada antena yang dirancang. Untuk menentukan freuensi yang spesifik dari type yang dipilih pada sub pengaturan specification dipilih Frequency setelah itu nilai frekuensi yang diinginkan bisa dimasukkan. Dalam tugas akhir ini frekuensi spesifik yang dimaukkan yaitu 2.6 Ghz

3.3.3 Setup Solver

Di dalam setup solver terdiri dari beberapa macam sover yaitu *Time Domain, Frequency Domain, Eigenmode, Integral Equation,*

Asymptotic, dan *Multilayer solver*. Pada pengaturan desain 30 antena microstrip tugas akhir ini menggunakan Time Domain solver.

Penggunaan dari Time Domain Solver pada tugas akhir ini dikarenakan ranah kerja dari solver ini efektif pada model 30 antena dengan ukuran sedang dan besar sehingga model antena yang didesain sesuai dengan kondisi tersebut. Dalam Time Domain Solver terdapat 5 sub menu yaitu solver settings, stimulation settings, S-Parameter settings, adaptive mesh refinement, dan sensitivity analysis. Pada tugas akhir ini yang dikonfigurasi di bagian solver setting > Accuracy dimana pada menu ini semakin kecil nilai yang dimasukkan maka hasil simulasi akan semakin akurat namun berdampak pada waktu simulasi yang semakin lama. Pada menu source type dipilih all konfigurasi All Ports yang menandakan semua port yang ada dalam antena akan disimulasikan.



Gambar 3. 4 *Tampilan Setup Solver – Time Domain Solver*

3.4 Metode Perancangan dan Simulasi Antena Microstrip Tanpa AGS

Perancangan dari desain dan dimensi antena microstrip ini berdasarkan perhitungan matematis yang telah dipaparkan pada subbab 2.2 sampai subbab 2.5 serta disesuaikan dengan spesifikasi material yang telah ditetapkan pada subbab 3.2.

3.4.1 Perancangan Antena

Perancangan antena microstrip dari hasil perhitungan kemudian akan disimulasikan dan diamati kinerja dari antena tersebut. Hasil perhitungan secara matematis dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 *Dimensi Antena Hasil Perhitungan*

Parameter	Nilai	Satuan
Lebar Patch (Wp)	25.1387	mm
Panjang Patch (Lp)	25.1387	mm
Lebar Ground Plane (Wg)	55.0739	mm
Panjang Ground Plane (Lg)	55.0739	mm
Lebar feed line (Wfl)	3.0389	mm
Panjang feed line (Lfl)	13.9109	mm

Lebar patch dirancang memiliki nilai yang sama dengan Panjang patch dikarenakan pada antena microstrip ini dirancang agar memiliki polarisasi ganda sehingga perlu dicatu pada kedua sisi yang berbeda 90 derajat sehingga satu sisi menghasilkan polarisasi vertical yang dicatu di sisi bawah dan menghasilkan polarisasi horizontal dimana pada antena ini dicatu pada sisi kiri. Sedangkan ukuran dari ground plane mengikuti dari ukuran patch dan feedline sesuai dengan perhitungan.

3.4.2 Optimasi Antena

Dalam proses perancangan antena microstrip tentunya dibutuhkan optimasi agar kinerja dari antena yang dirancang dapat sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Pengoprimasian desain antena dapat dilakukan dengan mengubah parameter dimensi antena. Setelah kinerja dari antena mendekati atau sudah optimal yang diamati dari hasil simulasi maka optimasi bisa dinyatakan berhasil.

3.5 Metode Perancangan Elemen AGS Sebagai Ground Plane

Dalam perancangan elemen AGS ini penentuan dimensi secara spesifik untuk menentukan dimensi maupun jumlah dari unit cell maka untuk mendapatkan karakteristik-karakteristik dari antena yang bekerja pada frekuensi kerja yang diinginkan mengacu pada jurnal terkait [1] [8] dan referensi dari buku. Oleh karena itu langkah-langkah yang dilakukan setelah mendapatkan parameter dimensi antena microstrip tanpa AGS sebagai beriku.

1. Perancangan dimensi unit cell berdasarkan referensi yang ada [1]
2. Mencari jumlah unit cell yang sesuai dengan frekuensi kerja dan memiliki parameter kinerja yang baik.
3. Menentukan dimensi dari unit cell dan lebar celah antar unit cell[8]

3.5.1 Perancangan Jumlah Elemen AGS

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan dari jumlah unit cell yang kemuadian dijadikan sebagai acuan desain selanjutnya dimana untuk menentukan jumlah dari unit cell menggunakan metode perbandingan antar jumlah unit cell dengan dimensi unit cell mengikuti referensi [1] sehingga bida didapatkan perbandingan yang tepat.

3.5.2 Perancangan Dimensi Unit Cell

Dalam perancangan dimensi unit cell mengacu pada tabel 3.4 yang berdasarkan dari referensi [8]

Tabel 3. 4 *Parameter Dimensi Dan Ground Plane Berstruktur Periodik[8]*

Parameter	Besaran
Lebar unit cell	0.1λ
Panjang unit cell	0.2 λ
Interval horizontal	0.01 λ
Interval vertical	0.02 λ
Lebar ground plane	λ
Panjang ground plane	λ

Dari tabel 3.4 bisa dilakukan analisa dan perbandingan dengan spesifikasi antena yang diinginkan. Karena antena yang diinginkan memiliki polarisasi ganda maka harus disamakan antara Panjang dan lebar unit cell serta interval vertical dan horizontal. Serta mempertimbangkan juga agar dimensi gabungan unit cell tidak melebihi Panjang dan lebar dari ground plane itu sendiri. Sehingga untuk dimensi dari unit cell yang dirancang menjadi seperti yang bisa diamati pada tabel 3.5

Tabel 3. 5 *Parameter Dimensi Unit Cell Dan Ground Plane*

Parameter	Besaran
Lebar unit cell	0.1λ
Panjang unit cell	0.1 λ
Interval horizontal	0.01 λ
Interval vertical	0.01 λ
Lebar ground plane	λ
Panjang ground plane	λ

3.6 Metode Perancangan dan Simulasi Antena Microstrip Dengan AGS

Setelah didapatkan jumlah unit cell yang sesuai dengan perancangan antena microstrip ini langkah selanjutnya yaitu mengabungkan elemen AGS dengan desain antena microstrip yang belum ditambahkan AGS dan mensimulasikannya.

3.6.1 Perancangan Antena

Dari penggabungan elemen AGS dan antena tanpa AGS akan diamati hasil kinerja dari setiap parameter kinerja apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan atau belum dan jika belum sesuai maka akan dilakukan optimasi dari setiap parameter dimensi antena agar menghasilkan kinerja yang sesuai dengan spesifikasi.

3.6.2 Optimasi Antena

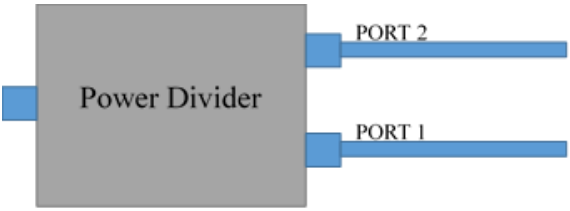
Pada optimasi antena microstrip ini dilakukan beberapa tahap yang diulang-ulang hingga mendapatkan hasil kinerja antena yang memenuhi spesifikasi rancangan dimana optimasi yang dilakukan yaitu mengubah ukuran dari setiap parameter dimensi pada antena. Saat semua parameter kinerja sudah memiliki nilai yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka optimasi bisa disudahi.

3.7 Metode Pengukuran

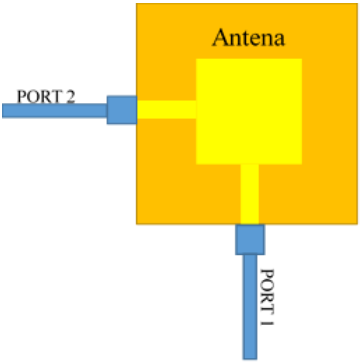
Pengukuran yang dilakukan dibagi menjadi dua macam. Pada pengukuran yang pertama yaitu pengukuran S-Parameter dan VSWR, sedangkan untuk pengukuran yang ke dua yaitu pengukuran farfield antena microstrip. Pada pengukuran pertama untuk mengetahui nilai dari return loss, Bandwidth dan VSWR digunakan Vector Network Analyzer. Sedangkan untuk mengukuran pola radiasi dan polarisasi pada pengukuran ke dua dapat mengunakan signal generator, spectrum analyzer dan antena referensi.

3.7.1 Prosedur Pengukuran Return Loss, VSWR, dan Bandwidth

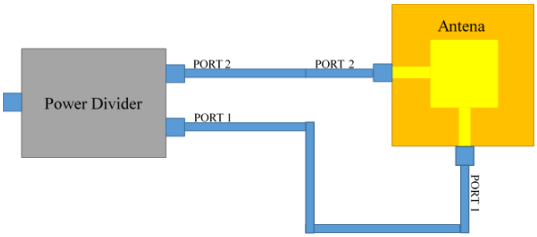
1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan berupa Vector Network Analyzer, Power divider, dan kabel *coaxial*.
2. Lakukan kalibrasi terlebih dahulu pada Vector Network Analyzer (VNA) sebelum melakukan pengukuran
3. Hubungkan *power divider*, antena dan Vector Network Analyzer (VNA) menggunakan kabel *coaxial* untuk melakukan pengukuran *return loss* dan VSWR.



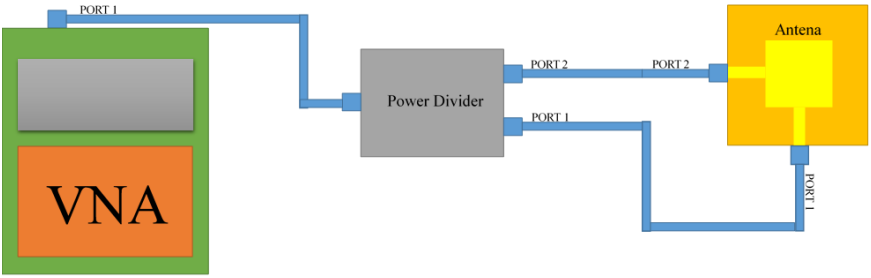
Gambar 3. 5 *Penyambungan Kabel Coaxial dan Power Divider*



Gambar 3.6 *Penyambungan Kabel Coaxial dan Antena yang Diuji*



Gambar 3.7 *Penyambungan Antena yang Diuji dan Power Divider*



Gambar 3.8 *Tampilan Setting Keseluruhan*

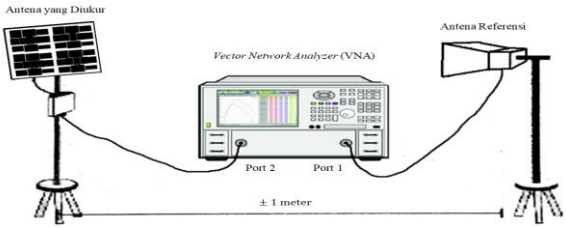
4. Selanjutnya masukkan batas atas dan batas bawah frekuensi kerja dari antena dimana pada pengukuran ini di tentukan batas bawah frekuensi pada 2Ghz dan batas atas pada 3Ghz, lalu tekan tombol *measure* untuk memulai pengukuran.
5. Format dalam bentuk *log mag* dipilih untuk melihat hasil dari pengukuran *return loss*, sedangkan format yang dipilih untuk mengamati hasil pengukuran VSWR adalah format dalam bentuk VSWR.

6. Dari selisih batas atas dan batas bawah frekuensi kerja yang bernilai kurang dari -10 dB pada format *log mag* di pengukuran *return loss* dapat diamati nilai dari bandwidth antena yang diukur.
7. Setelah hasil tertampil pada layar display tekan tombol hold untuk menghentikan pengukuran sehingga data bisa diamati.

8. Pasng marker pada batas atas, batas bawah dan nilai minimum pada data yang tertampil.
9. Tekan tombol *save* untuk menyimpan data dengan mengatur tipe file dan tempat penyimpanan. Dimana pada percobaan ini file disimpan dalam bentuk Gambar grafik dan file csv.

3.7.2 Prosedur Pengukuran Pola Radiasi

1. Siapkan alat yang dibutuhkan berupa Vector Network Analyzer (VNA), kabel *coaxial*, *power divider*, dan penyangga non metal, antena referensi
2. Kalibrasikan Vector Network Analyzer (VNA) sebagaimana mestinya
3. Susun antena microstrip yang akan diukur, Vector Network Analyzer (VNA), dan antena referensi sehingga tertampak seperti pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10 dimana pada Gambar 3.9 dapat diamati pada port 1 VNA terhubung dengan antena referensi yang berfungsi sebagai pemancar sedangkan pada port 2 VNA terhubung dengan antena penerima yang akan diukur.



Gambar 3.9 *Posisi Alat pada saat Pengukuran*

4. Atur jarak antara antena referensi dan antena yang diukur dimana jarak kedua antena

$$r_{min} > \frac{2D^2}{\lambda}$$

Keterangan :

r_min = Jarak minimum medan jauh

D = Panjang diagonal dimensi antena

λ = Panjang gelombang antena

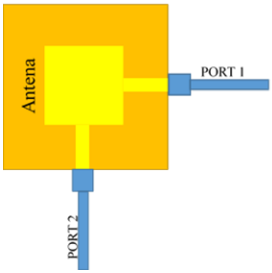
berdasarkan ukuran antena yang akan diukur, maka jarak minimum farfield adalah

$$r_{min} > \frac{2D^2}{\lambda}$$

$$r_{min} > \frac{2 \text{ x } 7{,}7^2}{11{,}53}$$

$$r_{min} > 10{,}49 \text{ cm}$$

5. Masukkan batas atas dan batas bawah frekuensi kerja antena untuk mengetahui rentang frekuensi kerja antena dengan menekan tombol start untuk memasukkan batas frekuensi bawah dimana pada pengukuran ini di atur sebesar 2GHz dan stop untuk memasukkan batas frekuensi atas dengan nilai 3GHz.
6. Pilih format pengukuran pada S21 untuk melihat nilai daya yang diterima oleh antena yang diukur
7. Antena yang diukur diputar secara bertahap dengan interval 1 derajat mulai dari 0° hingga 360°
8. Catat hasil pembacaan *Vector Network Analyzer* (VNA). Tuliskan pada kolom sudut yang sesui sehingga didapatkan plot pola radiasi co-polar
9. Putar posisi antena 90 derajat hingga tertampak seperti Gambar 3.11 dimana port 1 antena pada posisi horizontal sedangkan port 2 antena pada posisi vertical sehingga didapatkan data plot pola radiasi cross-polar

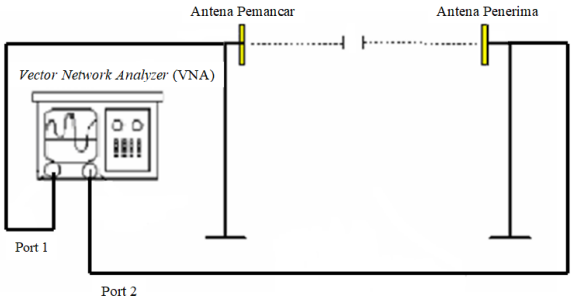


Gambar 3.100 *Posisi Antena Setelah Diputar 90 Derajat*

10. Ulangi langkah 3-8 hingga sudut 360 derajat

3.7.3 Prosedur Pengukuran Gain

Rangakain peralatan untuk mengukur gain diperlihatkan seperti Gambar 3.12

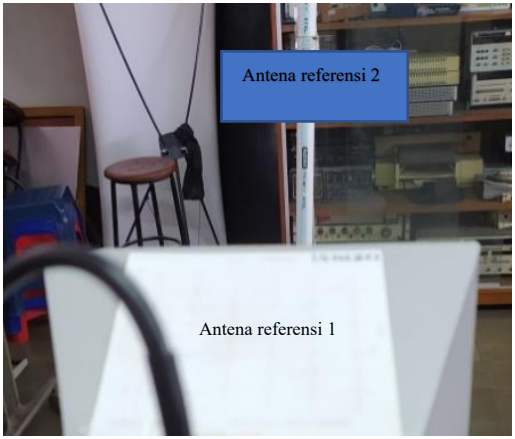


Gambar 3.111 *Skema Pengukuran Gain*

Langkah-langkah dalam pengukuran *gain* dengan menggunakan 3 antena dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Persiapkan alat seperti pengukuran pola radiasi yaitu 2 buah antena referensi, antena yang akan diukur, *Vector Network Analyzer* (VNA), kabel *coaxial*, *power divider*, dan penyangga non metal.

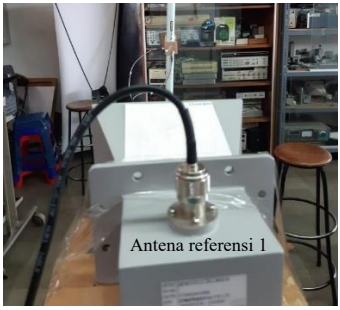
2. Pada sesi pertama adalah mempersiapkan skema pengukuran seperti pada Gambar 3.12 dimana antena referensi 1 dijadikan sebagai pemancar, sedangkan antena referensi 2 dijadikan sebagai penerima.



Gambar 3.122 *Pengukuran Gain Kombinasi 1*

3. Atur jarak antar antena kira-kira 1 meter. Pastikan kedua antena *Line Of Sight*.
4. Lakukan pengecekan kabel dan konektornya hingga sesuai. Kemudian hubungkan antena referensi 1 dengan *port* 1 VNA. Sedangakan pada antena referensi 2 dihubungkan dengan *port* 2 VNA.
5. Catat nilai yang terdapat pada *Vector Network Analyzer* (VNA) sebagai level antena penerima dengan skema pengukuran S_{21} pada frekuensi 2.6 GHz.
6. Pada sesi kedua adalah mempersiapkan skema pengukuran seperti pada Gambar 3.14 dimana antena referensi 1 dijadikan sebagai pemancar, sedangkan antena yang akan diuji dijadikan sebagai

penerima. Dimana Port 1 antena yang diukur dihubungkan dengan port 1 power divider menggunakan kabel *coaxial* berlabel 1 sedangkan port 2 antena yang diukur dihubungkan dengan port 2 power divider menggunakan kabel *coaxial* berlabel 2. Dan ouput dari *power divider* dihubungkan ke VNA sehingga pada Gambar 11 kemudian ikuti langkah 3-5.



Gambar 3.133 *Pengukuran Gain Kombinasi 2*

Gambar 3. 144 *Antena yang diukur*

7. Pada sesi ketiga adalah mempersiapkan skema pengukuran dimana antena referensi 2 dijadikan sebagai pemancar, sedangkan antena

yang akan diuji dijadikan sebagai penerima. Kemudian ikuti langkah 3-5.

8. Tekan tombol save untuk menyimpan data pada tiap sesi dengan mengatur tipe file dan tempat penyimpanan. Dimana pada percobaan ini file disimpan dalam bentuk Gambar grafik dan file csv.

Nilai *gain* dapat dicari dengan memasukkan semua nilai hasil pengukuran kedalam persamaan yang sudah dipaparkan pada subbab 2.8.3

3.8 Metode Analisis

Metode yang digunakan untuk menganalisa hasil dari tugas akhir ini yaitu dengan cara perbandingan data hasil kinerja dari antena yang dirancang. Analisa perbandingan yang pertama yaitu membandingkan hasil kinerja dari antena microstrip tanpa AGS dan antena microstrip dengan AGS baik dalam simulasi maupun dari hasil pengukuran. Yang kedua adalah membandingkan data hasil kinerja pada saat simulasi dan pengukuran pada antena dengan jenis yang sama.

BAB 4
HASIL SIMULASI

4.1 Perancangan dan Simulasi Antena Microstrip Tanpa AGS

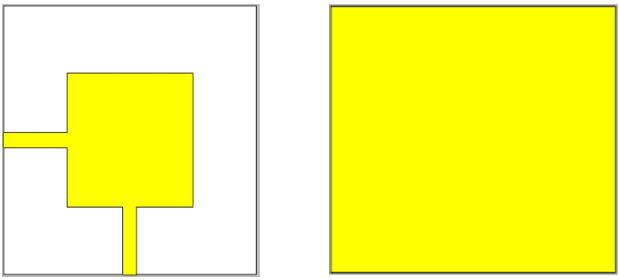
Perancangan dari desain dan dimensi antena microstrip ini berdasarkan perhitungan matematis yang telah dipaparkan pada subbab 2.2 sampai subbab 2.5 serta disesuaikan dengan spesifikasi material yang telah ditetapkan pada subbab 3.2.

4.1.1 Perancangan Antena

Perancangan antena microstrip dari hasil perhitungan disimulasikan dan diamati hasil dari kinerja antena tersebut. Hasil perhitungan dimensi antena secara matematis dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan hasil desain dari perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.1 sedangkan hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 sampai dengan Gambar 4.7

Tabel 4. 1 *Hasil Perhitungan Dimensi Antena*

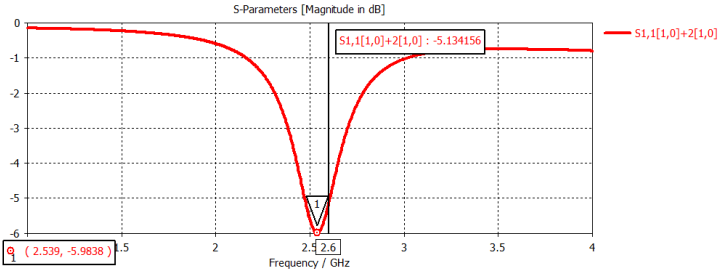
Parameter	Nilai	Satuan
Lebar Patch (Wp)	25.1387	mm
Panjang Patch (Lp)	25.1387	mm
Lebar Ground Plane (Wg)	55.0739	mm
Panjang Ground Plane (Lg)	55.0739	mm
Lebar feed line (Wfl)	3.0389	mm
Panjang feed line (Lfl)	13.9109	mm



(a) (b)

Gambar 4.1 *Desain Antena Microstrip Awal (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang*

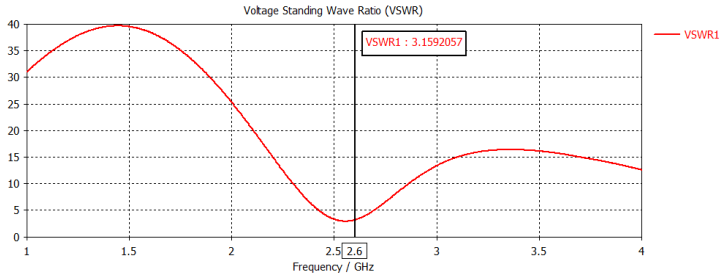
Lebar patch dirancang memiliki nilai yang sama dengan Panjang patch dikarenakan pada antena microstrip ini dirancang agar memiliki polarisasi ganda sehingga perlu dicatu pada kedua sisi yang berbeda 90 derajat sehingga satu sisi menghasilkan polarisasi vertical yang dicatu di sisi bawah dan menghasilkan polarisasi horizontal dimana pada antena ini dicatu pada sisi kiri. Sedangkan ukuran dari ground plane mengikuti dari ukuran patch dan feedline sesuai dengan perhitungan.



Gambar 4.2 *Hasil simulasi awal parameter S11 antena tanpa AGS*

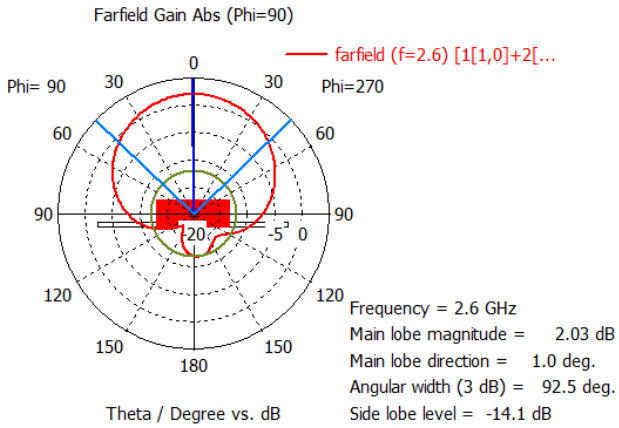
Dari hasil simulasi yang didapatkan bisa diamati hasil yang didapatkan belum optimal, pada Gambar 4.2 didapatkan nilai return loss pada frekuensi kerja 2.6Ghz sebesar-5.134 dimana hal tersebut belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan sehingga dari data tersebut bandwidth yang didapatkan masih bernilai 0 dan dari hasil simulasi tersebut juga bisa diamati bahwasanya antena yang dirancang belum

bekerja pada frekuensi 2.6Ghz.

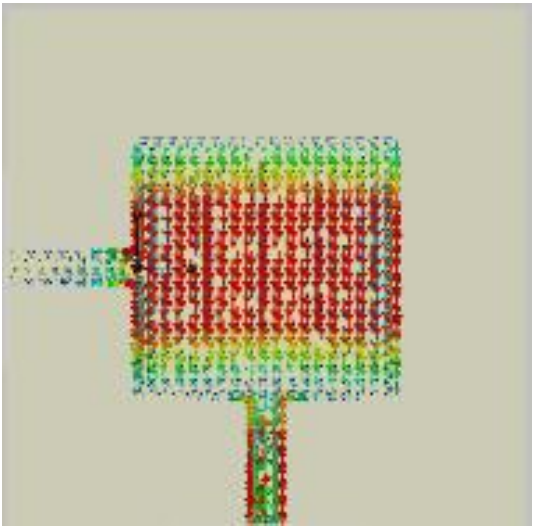


Gambar 4. 3 *Hasil simulasi awal VSWR antena tanpa AGS*

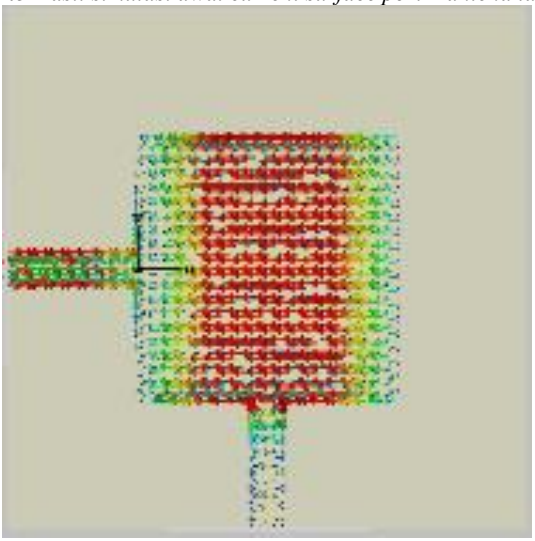
Nilai VSWR yang tertampil pada Gambar 4.3 juga belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan dimana pada frekuensi 2.6 bernilai 3.159.



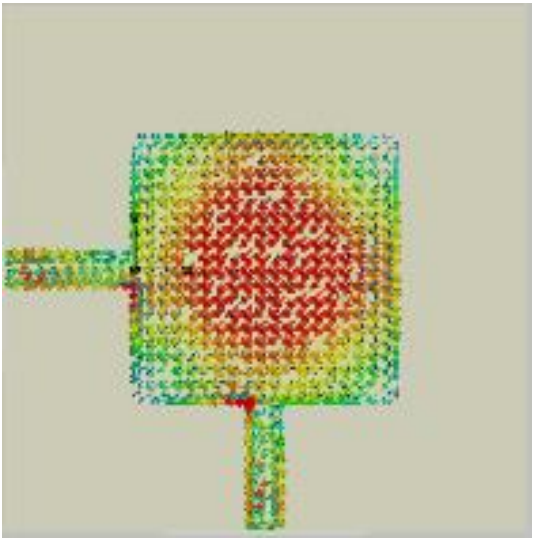
Gambar 4.4 *Hasil simulasi awal farfield antena tanpa AGS*



Gambar 4.5 *Hasil simulasi awal current surface port 1 antena tanpa AGS*



Gambar 4. 6 *Hasil simulasi awal current surface port 2 antena tanpa AGS*



Gambar 4. 7 *Hasil simulasi awal current surface antena tanpa AGS*

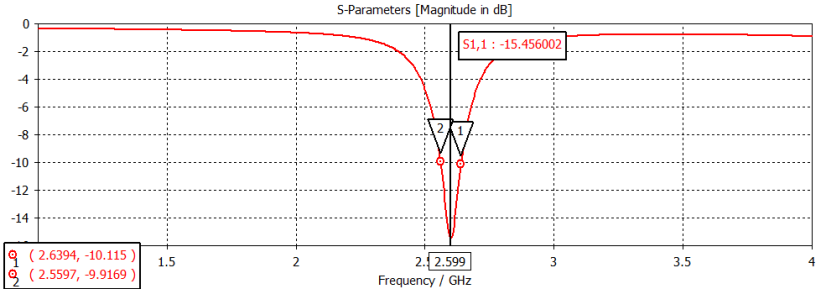
Dari segi nilai gain yang bisa amati pada Gambar 4.4 juga belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Namun dari polarisasi yang dipancarkan sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu dapat memancarkan polarisasi ganda yaitu polarisasi vertical dan horizontal secara bersamaan dimana hal tersebut bisa diamati pada Gambar 4.5 untuk polarisassi vertical dan Gambar 4.6 untuk polarisasi horizontal sedangkan gabungannya bisa diamati pada Gambar 4.7

4.1.2 Optimasi Antena

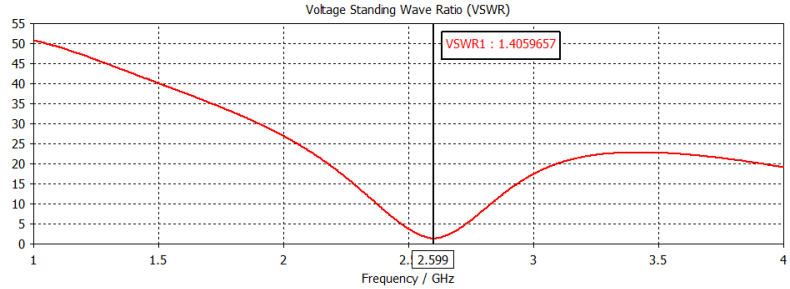
Dalam proses perancangan antena microstrip tentunya dibutuhkan optimasi agar kinerja dari antena yang dirancang dapat sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Pengoprimasian desain antena dapat dilakukan dengan mengubah parameter-parameter antena. Setelah kinerja dari antena mendekati atau sudah optimal yang diamati dari hasil simulasi maka optimasi dianggap berhasil dan dari hasil optimasi antena microstrip tanpa AGS ini dapat diamati pada tabel 4.2 untuk hasil optimasi dimensi dan hasil pada simulasi bisa diamati pada Gambar 4.8 sampai dengan 4.13

Tabel 4. 2 *Hasil optimasi dimensi antena tanpa AGS*

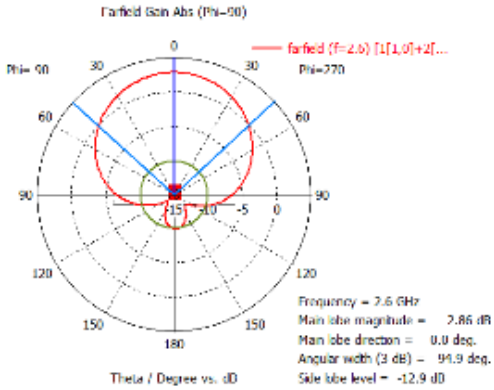
Parameter	Nilai	Satuan
Lebar Patch (Wp)	26,54	mm
Panjang Patch (Lp)	26,54	mm
Lebar Ground Plane (Wg)	50,25	mm
Panjang Ground Plane (Lg)	50,25	mm
Lebar feed line (Wfl)	0,8	mm
Panjang feed line (Lfl)	11,855	mm



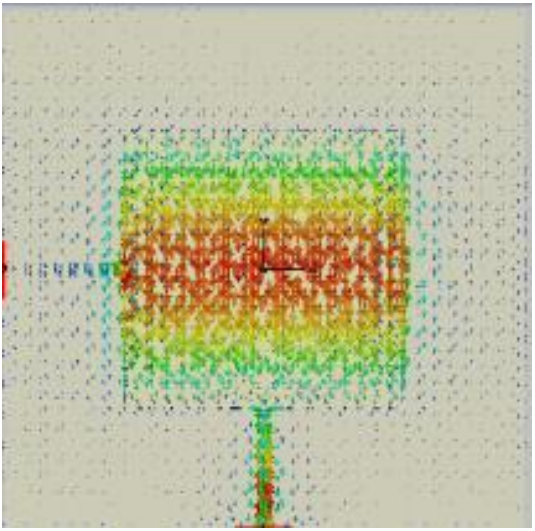
Gambar 4. 8 *Hasil simulasi akhir parameter S11 antena tanpa AGS*



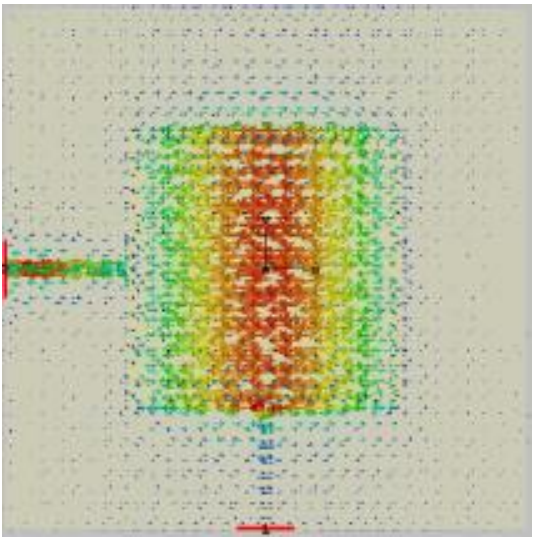
Gambar 4. 9 *Hasil simulasi akhir VSWR antena tanpa AGS*



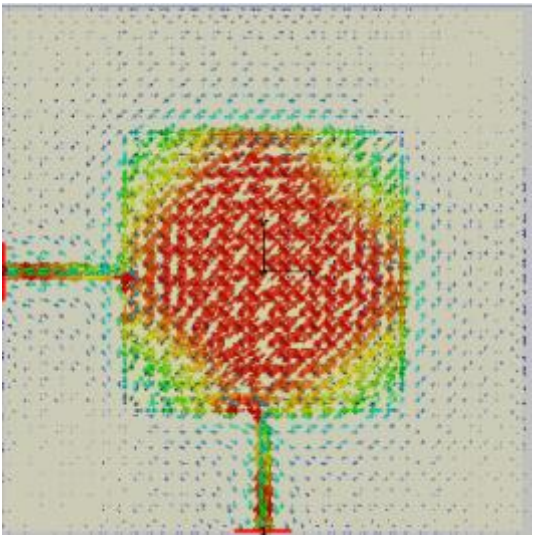
Gambar 4. 10 *Hasil simulasi akhir farfield antena tanpa AGS*



Gambar 4. 11 *Hasil simulasi akhir current surface port 1 antena tanpa AGS*



Gambar 4. 12 *Hasil simulasi akhir current surface port 2 antena tanpa AGS*



Gambar 4. 13 *Hasil simulasi akhir current surface antena tanpa AGS*

Tabel 4. 3 *Perbandingan hasil simulasi kinerja antena tanpa AGS*

Parameter	Sebelum Optimasi	Hasil Optimasi	Satuan
Return loss	-5,134	-15,02	-
VSWR	3,159	1,406	-
Gain	2,027	2,858	dB
Banwidth	0	79	Mhz
Frekuensi Atas	-	2,635	Ghz
Frekuensi Bawah	-	2,556	Ghz
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal	-

Berdasarkan pada hasil simulasi dari optimasi parameter kinerja antena yang bisa diamati pada Gambar 4.8 sampai dengan Gambar 4.13 dimana kinerja dari setiap parameter yang diukur sudah membaik yang bisa diamati pula pada tabel 4.3 yang merupakan tabel perbandingan hasil kinerja antena sebelum dan sesudah dilakukan optimasi. Pada tabel tersebut bisa diamati bahwasanya return loss dan VSWR pada frekuensi kerja 2.6 sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, pada parameter kinerja gain sudah mendekati spesifikasi yang diinginkan namun hal tersebut bisa diatasi dengan penambahan metode AGS yang sekaligus mengoptimalkan gain. Sedangkan pada parameter bandwidth didapatkan nilai yang sempit yaitu 79MHz dimana untuk spesifikasi target untu antena ini 194Mhz yang mengacu pada 3GPP Release 15[7]. Pada parameter kinerja polarisasi baik sebelum dan sesudah dilakukan optimasi sudah menunjukkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

4.2 Perancangan Elemen AGS Sebagai Ground Plane

Seperti yang sudah dijabarkan pada subbab 3.5 mengenai metode perancangan yang terdiri dari 3 tahap dimana pada subbab ini akan dilakukan simulasi dari metode tersebut.

4.2.1 Perancangan Jumlah Elemen AGS

Seperti langkah yang telah dijabarkan sebelumnya, hal yang dilakukan setelah perancangan unit cell berdasarkan referensi [1] langkah selanjutnya yaitu mencari jumlah unit cell yang sesuai, berikut

perbandingan antara kinerja antena dengan banyak unit cell yangdisimulasiakn sebelumnya.

Tabel 4. 4 *Perbandingn jumlah unit cell dan kinerja antena*

Parameter	Unit Cell 4x4	Unit Cell 5x5	Unit Cell 6x6	Unit Cell 7x7	Unit Cell 8x8	Unit Cell 9x9
	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai
Lebar Unit Cell (Wuc) (mm)	5	5	5	5	5	5
Panjang Unit Cell (Luc) (mm)	5	5	5	5	5	5
Lebar gap antar Unit Cell (Ag) (mm)	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Frekuensi Upper (Mhz)	2658,6	2664,6	2669	2654	2670,2	2675,2
Frekuensi Under (Mhz)	2530,3	2529,3	2540	2517,1	2540,2	2536,5
Bandwidth(Mhz)	128,3	135,3	129	136,9	130	138,7
Gain Realized (dB)	3,6	3,4897	3,701	3,5061	3,66	3,2315
Gain IEEE (dB)	3,61	3,4992	3,643	3,5789	3,55	3,3588

Bisa diamati dari tabel 4.4 bahwasanya jumlah unit cell berpengaruh pada kinerja antena dan dari tabel tersebut yang paling baik untuk digunakan yaitu unit cell berjumlah 49 buah atau 7x7 dimana bandwidth yang dihasilkan relative lebar dan nilai gainnya tinggi sehingga dengan optimasi selanjutnya akan menghasilkan antena microstrip yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

4.2.2 Perancangan dimensi Unit Cell

Dari tabel 3.5 dapat diketahui bahwasanya dimensi awal unit cell berkaitan erat dengan Panjang gelombang dari antena yang dirancang sehingga dapat dianalisa dan berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi unit cell seperti pada tabel 4.5

Tabel 4. 5 *Dimensi awal unit cell*

Parameter	Besaran (mm)
Lebar unit cell	11,53
Panjang unit cell	11,53
Interval horizontal	1,15
Interval vertical	1,15
Lebar ground plane	115,38
Panjang ground plane	115,38

4.3 Perancangan dan Simulasi Antena Microstrip Dengan AGS

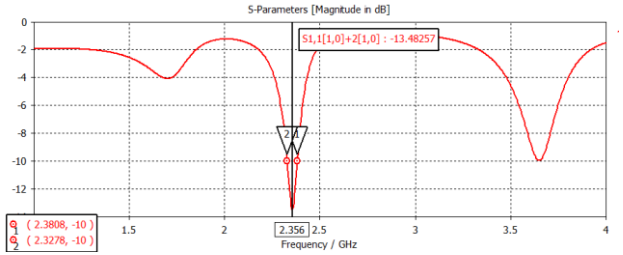
Setelah didapatkan jumlah unit cell yang sesuai dengan perancangan antena microstrip ini langkah selanjutnya yaitu mengabungkan elemen AGS dengan desain antena microstrip yang belum ditambahkan AGS dan mensimulasikannya.

4.3.1 Perancangan Antena

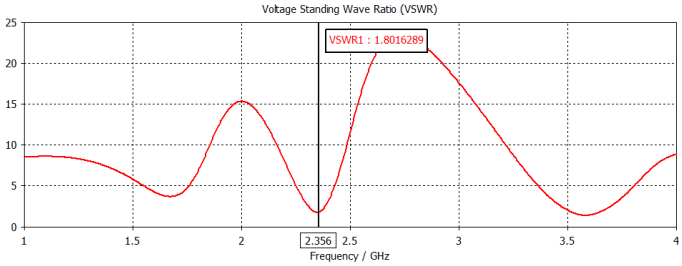
Dari penggabungan elemen AGS dan antena tanpa AGS akan diamati hasil kinerja dari setiap parameter yang diukur apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan atau belum dan jika belum sesuai maka akan dilakukan optimasi dari setiap dimensi antena agar menghasilkan kinerja yang sesuai dengan spesifikasi. Pada tabel 4.6 dapat dilihat parameter dimensi dari antena microstrip setelah digabungkan dan pada Gambar 4.14 sampai dengan gambar 4.19 merupahan hasil dari simulasi yang dilakukan.

Tabel 4. 6 *Dimensi awal antena dengan AGS*

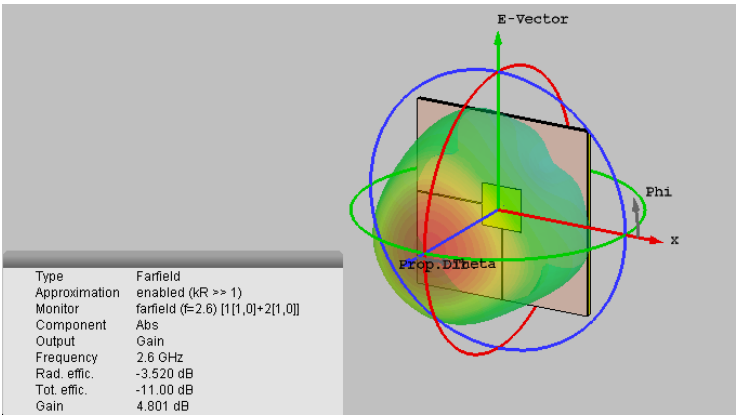
Parameter	Nilai	Satuan
Lebar Patch (Wp)	26,54	mm
Panjang Patch (Lp)	26,54	mm
Lebar Ground Plane (Wg)	115,38	mm
Panjang Ground Plane (Lg)	115,38	mm
Lebar feed line (Wfl)	0,8	mm
Panjang feed line (Lfl)	44,42	mm
Lebar Unit Cell (Wuc)	11,53	mm
Panjang Unit Cell (Luc)	11,53	mm
Lebar gap antar Unit Cell (Ag)	1,15	mm



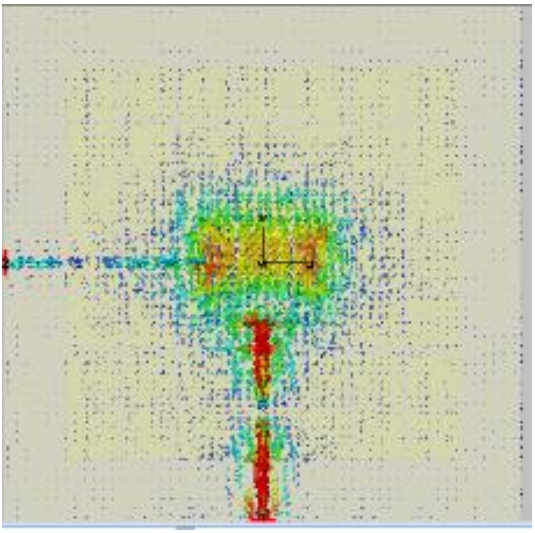
Gambar 4. 14 *Hasil simulasi awal parameter S11 antena dengan AGS*



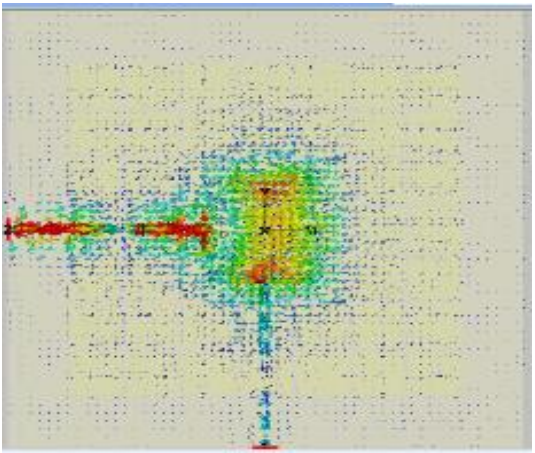
Gambar 4. 15 *Hasil simulasi awal VSWR antena dengan AGS*



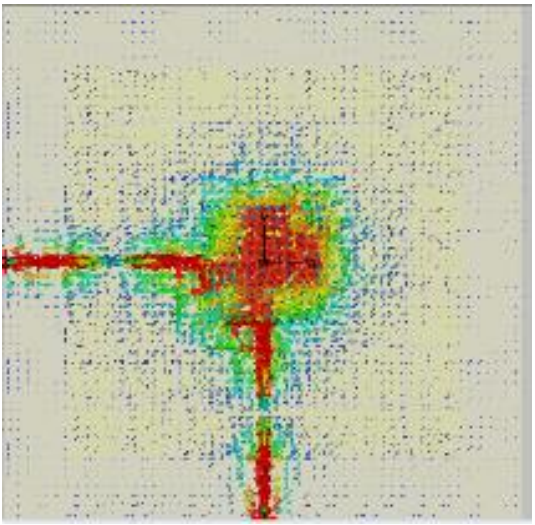
Gambar 4. 16 *Hasil simulasi awal farfield antena dengan AGS*



Gambar 4. 17 *Hasil simulasi awal current surface port 1 antena dengan AGS*



Gambar 4. 18 *Hasil simulasi awal current surface port 2 antena dengan AGS*



Gambar 4. 19 *Hasil simulasi awal current surface antena dengan AGS*

Tabel 4. 7 *Hasil kinerja simulasi awal antena dengan AGS*

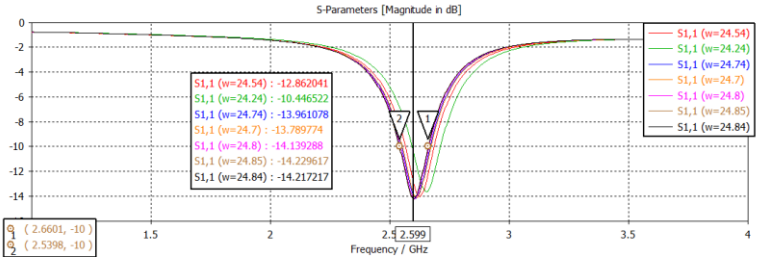
Parameter Kinerja	Hasil	Hasil	Satuan
Frekuensi Kerja	2.356	2.6	Ghz
Return loss	-13,4	-0,855	-
VSWR	1,8	20,11	-
Gain	3,51	4,8	dB
Banwidth	53	-	Mhz
Frekuensi Atas	2,380	-	Ghz
Frekuensi Bawah	2,327	-	Ghz
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal	-

Dari tabel 4.7 dapat dinalisa bahwasanya antena yang dirancanng belum bekerja pada frekuensi kerja yang diinginkan yaitu 2.6 Ghz namun bekerja baik paka frekuensi 2.356 Ghz. Dimana dapat diamati pada parameter kinerja pada frekuensi 2.6Ghz hanya polarisasinya saja yang memiliki hasil sesuai dengan spesifikasi yang dirancang maka dari

itu perlu dilakukan optimasi agar hasil kinerja antena sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

4.3.2 Optimasi Antena

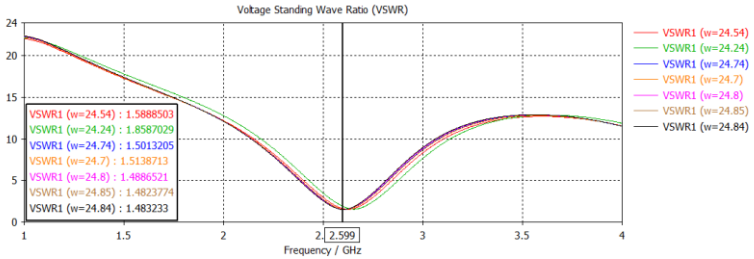
Pada optimasi antena microstrip ini dilakukan beberapa tahap yang diulang-ulang hingga mendapatkan hasil kinerja antena yang memenuhi spesifikasi rancangan dimana optimasi yang dilakukan yaitu mengubah ukuran dari setiap parameter dimensi pada antena. Dari hasil sebelumnya dapat dianalisa bahwasanya antena belum bekerja pada frekuensi kerja yang diinginkan maka dari itu langkah awal yang dilakukan pada tahap optimasi ini yaitu menggeser frekuensi kerja dari antena microstrip dari frekuensi 2.356 Ghz menjadi 2.6 Ghz dengan memperkecil ukuran dari patch atau dengan memperkecil nilai dari parameter dimensi Lebar Patch (Lp). Hal tersebut dilakukan karena parameter dimensi Lebar Patch (Lp) yang memiliki pengaruh langsung terhadap frekuensi kerja dari suatu antena.



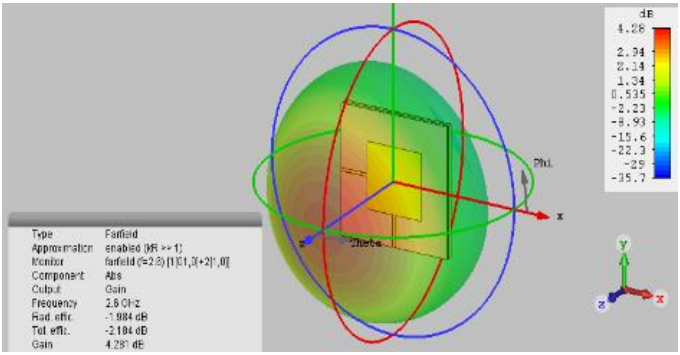
Gambar 4. 20 *Hasil optimasi parameter S11 pada simulasi antena dengan AGS*

Setelah dilakukan parameterisasi atau mengubah nilai dari Lp ataupun Wp dimana pada Gambar 4.20 bisa diamati bahwasanya nilai dari w yang mendekati frekuensi kerja 2.6Ghz yaitu pada saat w bernilai 24,85mm dimana nilai w tersebut bisa di artikan sebagai Lp ataupun Wp karena kedua parameter dimensi tersebut selalu memiliki nilai yang sama. Ketika antena sudah bekerja pada frekuensi yang diinginkan selanjutnya adalah melihat hasil kinerja dari parameter kinerja yang lain untuk menentukan apakah antena microstrip ini sudah memiliki kinerja yang sesuai dengan spesifikasi dan apabila belum maka akan dilakukan

optimasi lagi dari setiap parameter dimensi antena sampai didapatkan hasil yang optimal atau sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.



Gambar 4. 21 *Hasil optimasi VSWR pada simulasi antena dengan AGS*

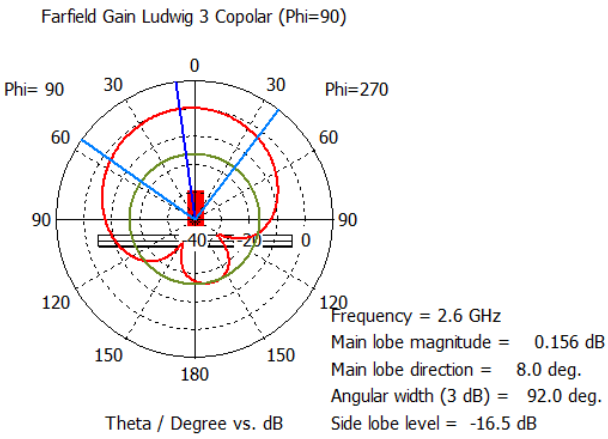


Gambar 4. 22 *Hasil optimasi farfield pada simulasi antena dengan AGS*

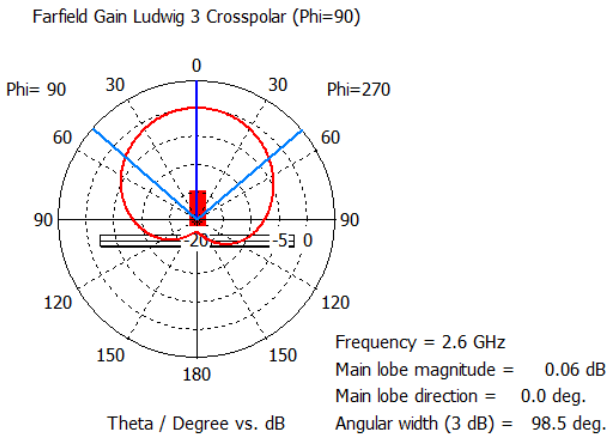
Pada Gambar 4.21 yang menunjukkan parameter kinerja VSWR dapat diamati bahwasanya antena kinerja antena sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan begitu juga dengan nilai gain yang dapat diamati pada Gambar 4.22 sudah menunjukkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi namun jika diamati lagi pada Gambar 4.20 nilai bandwidth pada antena microstrip ini belum menmenuhi spesifikasi dimana nilai bandwidth masih menunjukkan nilai 120,3 Mhz dimana belum mencapai 194 Mhz, sehingga berdasarkan dari hal tersebut antena microstrip ini masih membutuhkan optimasi lagi. Optimasi dilakukan dengan mengkombinasikan parameterisasi dimensi antena sehingga didapatkan hasil kinerja pada tabel 4.8 dengan nilai parameter dimensi pada tabel 4.9.

Tabel 4. 8 *Dimensi akhir antena dengan AGS*

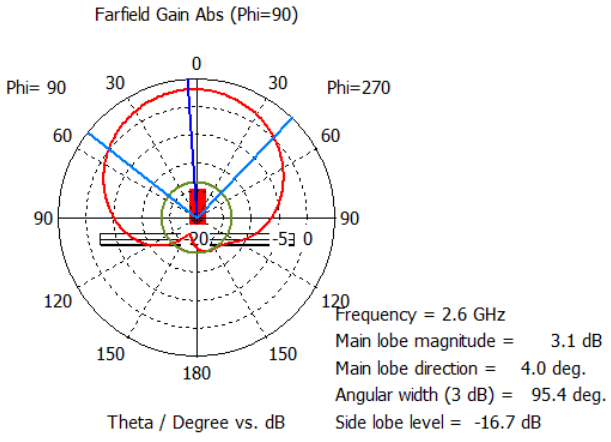
Parameter Dimensi	Nilai	Satuan
Lebar Patch (Wp)	23,5	mm
Panjang Patch (Lp)	23,5	mm
Lebar Ground Plane (Wg)	55	mm
Panjang Ground Plane (Lg)	55	mm
Lebar feed line (Wfl)	0,7	mm
Panjang feed line (Lfl)	15,75	mm
Lebar Unit Cell (Wuc)	7,02	mm
Panjang Unit Cell (Luc)	7,02	mm
Lebar gap antar Unit Cell (Ag)	0,5	mm



Gambar 4. 23 *Hasil plot pola radiasi Copolar pada simulasi antena dengan AGS*



Gambar 4. *24 Hasil plot pola radiasi Crosspolar pada simulasi antena dengan AGS*



Gambar 4. 25 *Hasil plot pola radiasi pada simulasi antena dengan AGS*

Untuk mengetahui apakah antena yang dirancang sudah memiliki polarisasi ganda bisa diamati melalui aliran arus pada antena namun selain itu juga bisa diamati dengan melihat plot medan jauh saat posisi *copolar* dan *crosspolar* dimana nilai dari *mainlobe magnitude*nya

akan mendekati 0 ketika polarisasinya ganda. Copolar yang dimaksut disini yaitu ketika port 1 pada posisi vertical dan port 2 pada posisi horizontal, sedangkan jika crosspolar kebalikannya dimana port 1 antena pada posisi horizontal sedangkan port 2 pada posisi vertical. Dapat diamati pada gambar 4.23 sampai dengan gambar 4.25 bahwasanya baik pada copolar dan crosspolar pada *mainlobe magnitude*nya sudah memili nilai mendekati 0 maka dapat di simpulkan bahwasanya antena yang dirancang mempunyai polarisasi ganda yaitu polarisasi vertical dan polarisasi horizontal.

Tabel 4. 9 *Hasil kinerja simulasi antena dengan AGS*

Parameter Kinerja	Nilai	Satuan
Return loss	-17,92	-
VSWR	1,129	-
Gain	3,118	dB
Banwidth	199	Mhz
Frekuensi Atas	2,655	Ghz
Frekuensi Bawah	2,456	Ghz
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	-

Dari hasil kinerja antena yang dapat diamati pada tabel 4.9 di mana dari parameter kinerja sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan baik dari Return loss yang sudah dibawah -10, VSWR kurang dari 2 , Gain yang sudah lebih dari 3 dB, bandwidth yang bernilai 199Mhz sehinnga sudah memenuhi standard 3GPP Release 15 dimana bandwidth sebesar 194 Mhz, dan polarisasi ganda yaitu vertical dan horizontal.

Tabel 4. 10 *Perbandingan dimensi antena tanpa AGS dan dengan AGS*

Parameter Dimensi	Tanpa AGS	Dengan AGS	Satuan
Lebar Patch (Wp)	26,54	23,5	mm
Panjang Patch (Lp)	26,54	23,5	mm
Lebar Ground Plane (Wg)	50,25	55	mm
Panjang Ground Plane (Lg)	50,25	55	mm
Lebar feed line (Wfl)	0,8	0,7	mm
Panjang feed line (Lfl)	11,855	15,75	mm
Lebar Unit Cell (Wuc)		7,02	mm
Panjang Unit Cell (Luc)		7,02	mm
Lebar gap antar Unit Cell (Ag)		0,5	mm

Tabel 4. 11 *Perbandingan kinerja antena tanpa AGS dan dengan AGS*

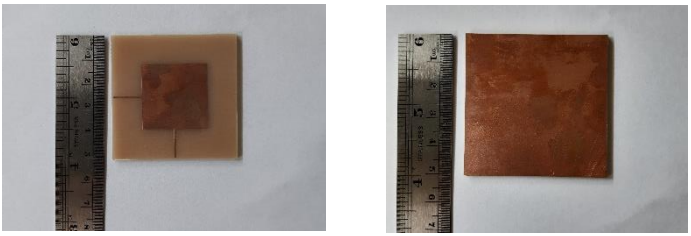
Parameter Kinerja	Tanpa AGS	Dengan AGS	Satuan
Return loss	-15,02	-17,92	-
VSWR	1,406	1,129	-
Gain	2,858	3,118	dB
Banwidth	79	199	Mhz
Frekuensi Atas	2,635	2,655	Ghz
Frekuensi Bawah	2,556	2,456	Ghz
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal	-

Dari tabel 4.10 dan tabel 4.11 dapat dianalisa dengan penambahan elemen AGS, kinerja dari antena microstrip menjadi lebih baik sehingga memiliki bandwidth yang lebih lebar sesuai dengan tujuan dari tugas akhir ini. Selain itu gain yang dihasilkan juga menunjukkan nilai yang lebih baik ketika ditambahkan elemen AGS. Begitu juga dengan nilai dari parameter kinerja return loss dimana pada frekuensi kerja 2.6 Ghz setelah ditambahkan elemen AGS menjadi lebih baik yaitu bernilai -17,92 dimana sebelum ditambahkan elemen AGS bernilai 15,02. Pada parameter VSWR juga sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan, Sedangkan jika diamati pada parameter dimensi lebar dan Panjang patch setelah ditambahkan elemen AGS bernilai lebih kecil sebelum ditambahkan elemen AGS sehingga dapat dianalisa bahwasanya penambahan elemen AGS juga dapat memperkecil dimensi dari patch.

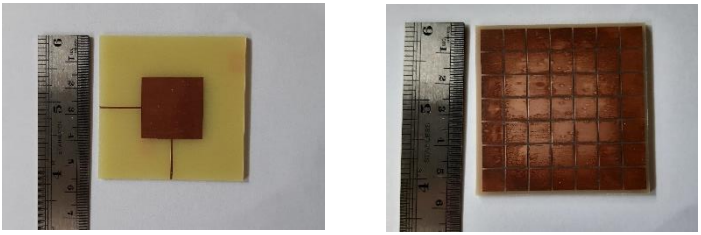
BAB 5
PENGUKURAN DAN ANALISIS

Pengukuran antena dimaksutkan untuk mengetahui kinerja dari setiap parameter dari antena microstrip yang dirancang. Parameter yang diukur antara lain *return loss, bandwidth,VSWR, gain,* polarisasi dan pola radiasi. Kemudian data yang didapatkan akan dianalisa sesuai dengan apa yang telah dijabarkan pada subbab 3.8 mengenai metode analisis.

Pengukuran dilakukan di tempat parkir mobil dosen Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Alasan pengukuran dilakukan di tempat tersebut karena saat pengukuran Indonesia sedang dilanda penyebaran virus COVID-19 yang merupakan pandemi Internasional sehingga Kota Surabaya memberlakukan PSBB (Pembatasan Sosisal Berskala Besar) sehingga tidak ada akses untuk keluar dari Surabaya yang mengakibatkan terbatasnya proses pengukuran dari antena microstrip ini.



Gambar 5. 1 *Antena tanpa AGS tampak depan dan belakang*



Gambar 5. 2 *Antena dengan AGS dan lapisan AGS*

5.1 Pengukuran Antena Tanpa AGS

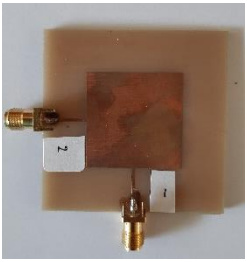
Pada subbab ini akan dipaparkan hasil dari pengukuran antena microstrip tanpa AGS yang sebelumnya telah dilakukan pengukuran seperti yang telah dijelaskan diatas. Parameter pengukuran yang akan dibahas antara lain ialah *return loss, VSWR, bandwidth, gain,* pola radiasi dan polarisai antena.

5.1.1 Pengukuran *Return Loss, VSWR,* dan B*andwidth*

Hasil dari pengukuran *return loss, VSWR,* dan *bandwidth* yang diukur menggunakan VNA akan dipaparkan pad sub sub bab ini

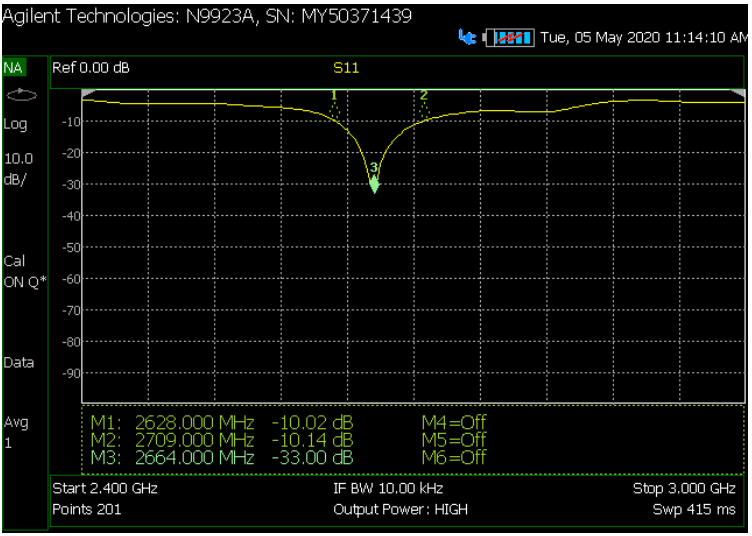
5.1.1.1 Pengukuran Return Loss dan Bandwidth

Pada tahap ini dilakukan pengukuran terhadap antena microstrip tanpa AGS yang sudah dipasangi *Female Jack thru hole Vertical PCB Mount Straight RF Coaxial Connector Adapter* pada bagian pencatuanya sehingga tertampak seperti gambar 5.3



Gambar 5. 3 *Antena tanpa AGS setelah dipasang konektor*

Hasil pengukuran return loss dan bandwidth dapat diamati pada gambar 5.4 dimana pada pengukuran ini VNA sebagai alat ukur telak dikalibrasi terlebih dahulu dan telah di atur frekuensi ukur dari 2.4GHz sampai 3 GHz. Dimana sumbu X yang tertampil sebagai nilai frekuensi dalam satuan Mega Hertz (MHz) sedangkan sumbu Y sebagai nilai return loss dalam satuan decibel (dB).

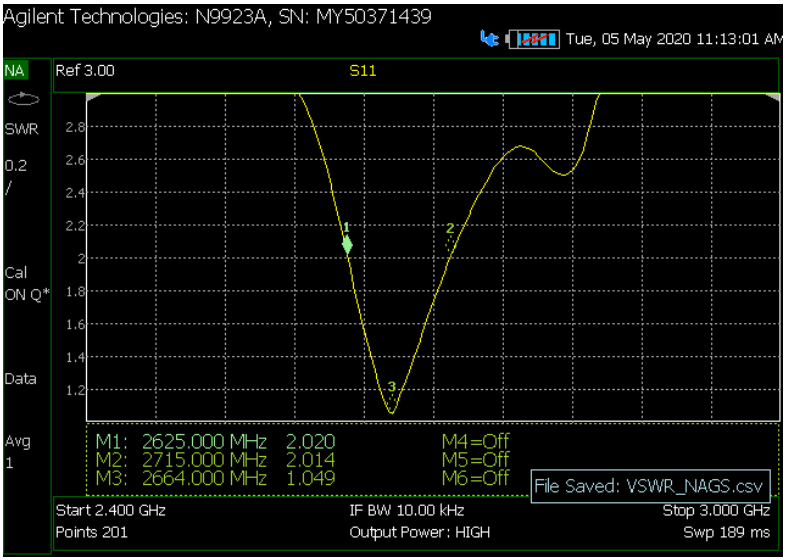


Gambar 5. 4 *Hasil pengukuran parameter S11 pada anatena tanpa AGS*

Pada gambar 5.4 pada S11 dapat diamati peak return lossnya pada -33dB pada frekuensi 2,664 GHz sedangkan untuk batas frekuensi atas dan bawah yang memenuhi syarat harus dibawah -10 dB, dengan batas frekuensi atas pada 2,709GHz dengan return loss -10,14 dB sedangkan batas bawah frekuensi pada 2,628 Ghz dengan return loss sebesar -10,02 dB. Dengan begitu dapat diketahui juga bandwidth yang dihasilkan dari pengurangan batas atas dan bawas bawah frekuensi yaitu sebesar 81Mhz

5.1.1.2 Pengukuran VSWR

Pada tahap ini akan diamati hasil dari pengukuran VSWR dengan VNA sebagai alat ukur dan pengaturan mengenai alat ukur yang telah paparkan pada sub sub bab 3.7.1 dimana dapat diamati pada gambar 5.5 hasil dari pengukuran tersebut dimana sumbu x sebagai nilai frekuensi dan sumbu y sebagai nilai VSWR. Dengan renatng frekuensi yang diatur dari 2.4 Ghz sampai 3Ghz

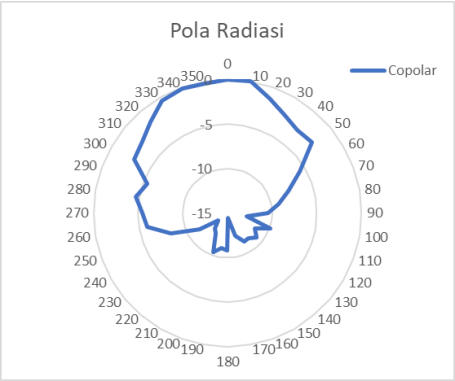


Gambar 5. 5 *Hasil pengukuran VSWR pada anatena tanpa AGS*

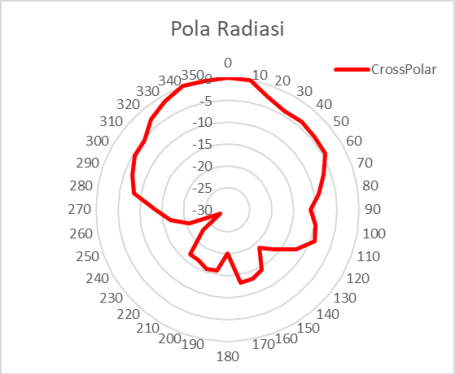
Pada gambar 5.5 dapat diamati bahwasanya nilai peak VSWR yaitu 1,049 pada frekuensi 2,664Ghz sedangkan batas frekuensi yang masih dalam batas toleransi nilai VSWR yang pada umumnya <2 yaitu dengan frekuensi bawah pada 2,625 dengan nilai VSWR 2,020 dan batas atas pada frekuensi 2,715 Ghz dengan nilai VSWR 2,014.

5.1.2 Pengukuran Pola Radiasi dan Polarisasi

Pengukuran pola radiasi ini dilakukan untuk mengetahui pola radiasi antena sekaligus apakah antena microstrip yang dirancang sudah memiliki polarisasi ganda dengan melakukan pengukuran pada 2 keadaan yaitu pada saat copolar dan crosspolar.



Gambar 5. 6 *Pola Radiasi Copolar*



Gambar 5. 7 *Pola radiasi Crosspolar*

Dapat diamati pada Gambar 5.6 menunjukkan hasil pengukuran pada saat kondisi copolar dimana yang dimaksut copolar disini kondisi port 1 pada posisi vertical dan port 2 pada kondisi horizontal dan kondisi dari antena referensi sebagai penerima polarisasi horizontal,pada gambar 5.7 tertampil hasil plot dari pola radiasi saat antena microstrip pada posisi crosspolar atau saat port 1 pada posisi horizontal dan port 2 pada posisi vertical sedangkan antena referensi sebagai penerima pada kondisi dengan polarisasi horizontal. Plot pola tersebut didapatkan setelah dilakukan pemetaan dari data yang didapat.

5.1.3 Pengukuran Gain

Data dari pengukuran gain untuk antena microstrip tanpa AGS ini tidak dapat di dapatkan karena adanya keterbatasan waktu saat pengukuran dan kurangnya antena referensi yang bisa di gunakan sebagai alat pengukuran.

5.2 Analisa Hasil Pengukuran Antena tanpa AGS

Analsisa yang akan dilakukan yaitu dengan melihat hasil data pengukuran yang kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi yang telah dilakukan.

Tabel 5.1 *Perbandingan kinerja antena tanpa AGS pada simulasi dan pengukuran*

Parameter	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi Kerja (GHz)	2,556 - 2,635	2,628-2,709
Frekuensi Peak Reurt Loss (GHz)	2,599	2,664
Return Loss (dB)	-15,02	-33
VSWR	1,406	1,049
Gain (dB)	2,858	
Bandwidth (MHz)	79	81
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal

Dari data perbandingan pada tabel 5.1 bisa dilakukan analisa bahwasanya frekuensi kerja pada ante yang diukur bergeser sehingga peak return lossnya tidak pada frekuensi 2,6GHz namun bergeser ke 2,664 Ghz yang berarti bergeser sebesar 64 Mhz dari frekuensi yang diinginkan, hal tersebut bisa terjadi karena adanya beberapa faktor antara lain karena pengukuran yang dilakukan tidak pada kondisi ideal dimana seharusnya dilakukan pengukuran pada ruangan anecholic chamber yang merupakan

tempat yang lebih ideal untuk melukan pengukuran, faktor lain yang bisa berpengaruh yaitu adanya perbedaan kualitas substrat antara yang diukur dengan yang disimulasikan sehingga nilai dari koefisien dielektriknya berbeda. Sedangkan untuk nilai dari return loss dan VSWR menunjukkan nilai yang lebih baik pada frekuensi peak return loss begitu juga dengan nilai dari bandwidth yang lebih lebar pada antena yang diukur dibadingkan dengan simulasi.

Dari hasil pola radiasi pada pengukuran bisa disimpulkan bahwasanya antena yang diukur sudah memiliki polarisasi ganda atau memiliki 2 polarisasi yaitu polarisasi vertical dan polarisasi horizontal. Pada port 1 menunjukkan polarisasi vertical sedangkan port 2 menunjukkan polarisai horizontal yang ditunjukkan pada hasil simulasi. Sedangkan pada pengukuran dapat dianalisa bahwasanya pada saat pengukuran dalam kondisi copolar antena referensi menerima sinyal dari port 2 dengan polarisasi horizontal namun mendapat rugi-rugi dari port 1 dengan polarisasi vertikalnya sedangkan saat saat pengukuran dalam antena dalam kondisi crosspolar maka antena referensi mendapatkan sinyal dari port 1 yang pada saat itu memancarkan polarisasi horizontal dan mendapatkan rugi-rugi dari port 2 sebagai pemancar polarisasi vertical. Dari analisa plot pola radiasi tersebut maka dapat disimpulkan antena yang diukur sudah memiliki polarisasi ganda.

5.3 Pengukuran Antena Dengan AGS

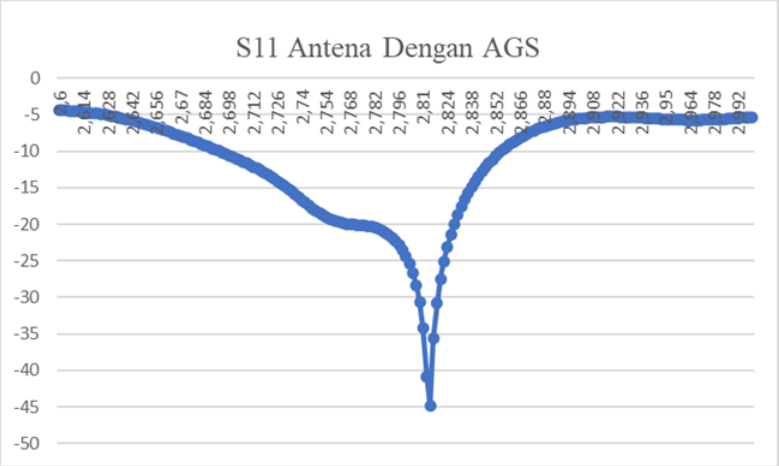
Pengukuran dilakukan pada antena microstrip yang sudah ditambahkan lapisan AGS dimana parameter yang akan diukur antara lain ialah *return loss, VSWR, bandwidth, gain,* pola radiasi dan polarisai antena.

5.3.1 Pengukuran Reurn Loss, Bandwidth dan VSWR

Hasil pengukuran yang akan dijabarkan kali ini meliputi hasil pengukuran pada parameter *return loss, bandwidth,* dan *VSWR.* Data yang ditampilkan dalam bentuk gambar yang diperoleh dari alat ukur VNA

5.3.1.1 Pengukuran Return Loss dan Bandwidth

Dapat diamati pada gambar 5.8 bahawasnya sumbu Y yang tertampil sebagai nilai return loss sedangkan sumbu X sebagai nilai frekuensi dimana frekuensi yang di ukur mulai dari 2.6Ghz sampai 3 Ghz sehingga tertampil data sepertti gambar 5.8.

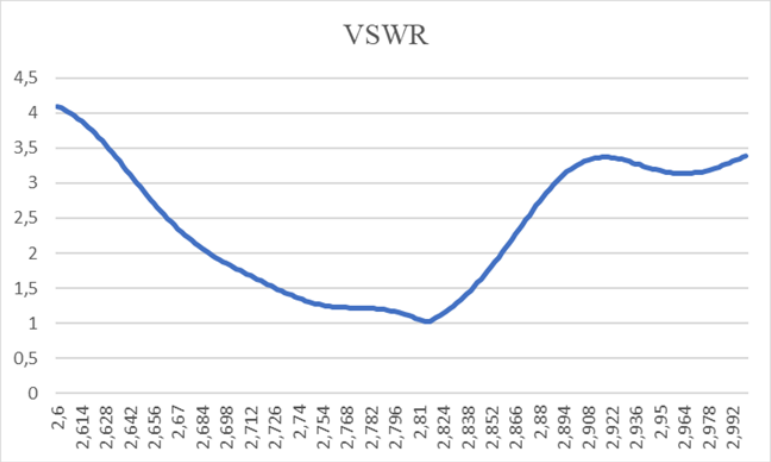


Gambar 5. 8 *Hasil pengukuran parameter S11 pada anatena dengan AGS*

Dari gambar tersebut bisa diamati peak returnloss ada pada frekuensi 2,814 Ghz dengan nilai -44,89 dB, untuk batas atas frekuensi yang masih berada pada -10db yaitu pada frekuensi 2,854 GHz sedangkan batas bawahnya pada frekuensi 2,694 GHz. Dari data tersebut bisa diamati pula lebar bandwidth yang tertampil yaitu 160MHz dengan mengurangkan batas atas frekuensi dengan batas bawah frekuensi.

5.3.1.2 *Pengukuran VSWR*

Pada gambar 5.9 bisa diamati bahwasanya pada sumbu X gambar 5.9 menunjukkan nilai frekuensi dan sumbu Y menunjukkan nilai VSWR. Dimana pada pengukuran ini rentan frekuensi yang diuji dari frekuensi 2.6GHz sampai dengan 3GHz.



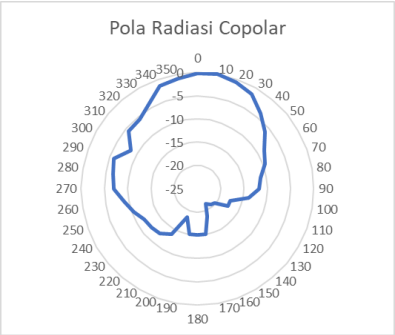
Gambar 5. 9 *Hasil pengukuran VSWR pada anatena dengan AGS*

Dari gambar diatas bisa dilihat bahwasanya nilai peak VSWR pada frekuensi 2,814 GHz dengan nilai VSWR 1,015 sedangkan untuk frekuensi dengan nilai 2 atau kurang mulai dari 2,688 GHz sampai 2,814 GHz.

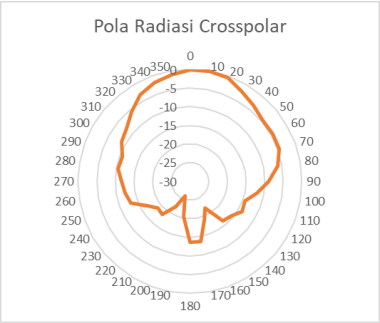
5.3.2 Pengukuran Pola Radiasi dan Polarisasi

Pengukuran pola radiasi yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan plot pola radisi dari antena dengan AGS sehingga dapat diamati apakah pola radiasi yang dipancarkan sudah mendekati atau sama dengan hasil simulasi dan sebagai acuan untuk menentukan apakah antena

tersebut sudah memiliki polarisasi ganda atau belum.



Gambar 5. 10 *Pola Radiasi Copolar*



Gambar 5. 11 *Pola Radiasi Crosspolar*

Dapat diamati dari hasil pemetaan data yang didapatkan pada pengukuran antena ini dimana baik pola radiasi copolar dan crosspolar menunjukkan pola yang mendekati sama dimana memiliki nilai maksimum pada sudur 0 derajat dan memiliki backlope yang relative kecil walaupun dengan akurasi data hasil pengukuran 10 derajat.

5.3.3 Pengukuran Gain

Sepertihalnya dengan antena microstrip tanpa AGS untuk antena ini tidak dapat memperoleh data dikarenakan hal yang sama yaitu kurangnya antena referensi yang berperan dalam pengukuran dan keterbatasan waktu dalam pelaksanaan pengukuran.

5.4 Analisa Hasil Pengukuran Antena Dengan AGS

Analisa hasil pengukuran ini terbagi atas dua tahapan yaitu analisa dengan membandingkan hasil pengukuran dengan simulasi dan analisa hasil pengukuran antena microstrip tanpa AGS dan antena microstrip dengan AGS.

5.4.1 Analisa Hasil Pengukuran Dengan Hasil Simulasi

Dapat diamati pada tabel 5.2 perbandingan antara hasil kinerja antena saat simulasi dan saat dilakukan pengukuran pada antena yang telah difabrikasi.

Tabel 5.2 *Perbandingan kinerja antena dengan AGS pada simulasi dan pengukuran*

Parameter	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi Kerja (GHz)	2,456- 2,655	2,694-2,854
Frekuensi Peak Reurt Loss (GHz)	2,575	2,814
Return Loss (dB)	-17,92	-44,89
VSWR	1,129	1,015
Gain (dB)	3,118	
Bandwidth (MHz)	199	160
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal

Dari tabel tersebut bisa dianalisa bahawasanya fekuensi kerja dari antena yang sudah di fabrikasi dan diukur bergeser ke frekuensi yang lebih tinggi dimana hal tersebut bisa terjadi karena beberapa hal yang pertama karena kualitas dari bahan substratnya yang berbeda dari bahan yang disimulasikan sehingga adanya perbedaan koefisien dielektrik, yang kedua karena pada penggabungan kedua substrat hanya menggunakan lem karena keterbatasan pada percetakan yang tidak emnggabungkannya

secara langsung sehingga mengakibatkan adanya celah udara yang berefek frekuensi kerja antena bergeser. Faktor yang ketiga yaitu karena pengukuran yang dilakukan tidak pada tempat atau ruangan yang mendekati ideal untuk melakukan pengukuran antena sehingga performa masksimumnya tidak dapat diamati. Parameter yang ikut terpengaruh dari ketidakidealan tersebut adalah parameter bandwidth dimana kinerja pada pengukuran lebih sempit daripada pada data disimulasiakn. Saat mengamati parameter lain yang diukur hasillnya lebih baik pada pengukuran dimana pada parameter return loss pada saat frekuensi 2,814 GHz memiliki nilai -44,89dB begitu juga kinerja pada parameter VSWR tertampil lebih baik dengan nilai 1,015 pada frekuensi tersebut.

Sedangkan pada parameter polarisasi yang diamati dari pola radiasi keduanya baik pada saat dimulai maupun pengukuran sudah memiliki polarisasi vertical dan horizontal atau polarisasi ganda. Dimana hal tersebut bisa diamati dari hasil plot pola radiasi pada kedua kondisi baik pada saat copolar maupun crosspolar. Pada kondisi copular antena referensi mendapatkan sinyal dari port 2 antena yang diukur dimana pada saat itu antena 2 memancarkan polarisasi horizontal yang sejajar atau sama dengan kondisi polarisasi antena referensi dan pada saat kondisi cross polar port 1 antena yang memancarkan polarisasi horizontal sedangkan port 2 memancarkan polarisasi vertical sehingga plot pola radiasi yang didaparkan berasal dari sinyal port 1 dan rugi-rugi dari port 2.

5.4.2 Analisa Hasil Pengukuran Antena Microstrip Tanpa AGS Dengan Antena Microstrip Dengan AGS

Pada tabel 5.3 dapat dilihat dan dianalisa perbandingan dari hasil pengukuran kinerja antena baik antena tanpa AGS maupun antena dengan AGS mulai dari parameter frekuensi kerja, frekuensi peak return loss, return loss,VSWR, bandwidth yang didaparkan dan hasil kinerja polarisasi yang dipancarkan dengan acuan plot pola radiasi yang didapatkan dari hasil pengukuran.

Tabel 5. 3 *Perbandingan hasil pengukuran kinerja antena tanpa AGS dan dengan AGS*

Parameter	Tanpa AGS	Dengan AGS
Frekuensi Kerja (GHz)	2,628-2,709	2,694-2,854
Frekuensi Peak Retun Loss (GHz)	2,664	2,814
Return Loss (dB)	-33	-44,89
VSWR	1,049	1,015
Bandwidth (MHz)	81	160
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	Vertikal dan Horizontal

Dari tabel perbandingan diatas maka dapat dianalisa bahwasanya kedua antena bekerja pada frekuensi yang tidak sama dengan frekuensi peak return loss yang berbeda. Namun jika diamati terdapat perbaikan nilai return loss dan VSWR pada antena microstrip yang sudah menggunakan lapisan AGS dan ada pelebaran bandwidth walaupun belum mencapai target yang diinginkan dimana jika dilakukan prosentase maka terjadi peningkatan bandwidth sebesar 97,5 % atau sebesar79 MHz dimana hal tersebut membuktikan penggunaan lapisan AGS bisa meningkatkan bandwidth yang cukup lebar. Sedangkan jika diamati dari polarisasi yang dipancarkan maka kedua antena tersebut sudah memenihi spesifikasi yang diinginkan dimana kedua antena tersebut memiliki polarisasi ganda yaitu linear vertical dan linear horizontal. Sedangkan nilai gain tidak dapat dibandingkan karena tidak adanya data pengukuran gain dari kedua antena.

BAB 6
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dari bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan

1. Dari simulasi yang dilakukan didapatkan dimensi antena microstrip dengan AGS yang bekerja pada frekuensi 2.6 Ghz dan memiliki kinerja yang sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan serta sudah memenuhi standar minimal untuk komunikasi 5G
2. Penambahan lapisan AGS bisa meningkatkan bandwidh dari antena microstrip dan meningkatkan nilai return loss sebesar 36% dan VSWR sebesar 3,2%
3. Desain antena microstrip dengan *Artificial Ground Stucture* ini memiliki polarisasi ganda yaitu polariasi linear vertical dan polarisasi linear horizontal
4. Peningkatan bandwith yang ada mencapai 97,5% dari 81MHz menjadi 160MHz
5. Dengan penambahan lapisan AGS maka dimensi dari antena bisa lebih kecil

6.2 Saran

1. Pada proses fabrikasi perlu diperhatikan kualitas dari bahan yang digunakan sehingga antena yang termodelkan mempunyai kualitas yang labih baik
2. Proses pengukuran sebaiknya dilakukan di ruangan anecholic chamber sehingga data yang diapatkan bisa lebih baik
3. Pada pengukuran pola radiasi pengambilan data pada tiap sudut bisa diperbanyak untuk akurasi dari plot pola radiasi

Daftar Pustaka

[1] K. Gupta dan B. K. Kanaujia, “Miniturization and Bandwidth Enhancement of Microstrip Patch Antena Using Artificial Ground Structure,” *IEEE,* 2014.

[2] C. Balanis, Antena Theory: Analysis and Design, 4th ed, Canada: Wiley & Sons, INC,Hoboken, New Jersey, 2016.

[3] T. Fukusako dan T. Nakamura, “Broadband Design of Circularly Polarized Microstrip Patch Antena Using Artificial Ground Structure With Rectangular Unit Cell.,” *IEEE,* 2013.

[4] “Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonisia”. Indonesia Paten Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 25, 2014.

[5] S. W. L. dan T. A.G., Antena Theory and Design 3rd ed., New York, 2013.

[6] U. W dan A. H. Rambe, “Rancang Bangun Patch Rectangular Antena 2.4 Ghz Dengan Metode Pencatuan Emc (Electromagnetically Coupled),” no. SINGUDA ENSIKOM, p. Vol. 06 No 2, Februari 2014.

[7] 3GPP TR 21.915 V15.0.0 (2019-09), *"3rd Generation Partnership Project;Technical Specification Group Services and System Aspects;Release 15 Description,",* 3GPP, 2019.

[8] E. Setijadi, P. Handayani dan P. Dian Permatasari, “Implementasi Ground Plane Berstruktur Periodik Untuk Memperlebar Bandwidth Pada Antena Rectangular Patch,” *JAVA,* 2014.

LAMPIRAN A
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas– ITS

EE 184801 TUGAS AKHIR – 6 SKS

Nama Mahasiswa	:	Rendagusti Fatchul Baary
Nomer Pokok	:	07111640000013
Bidang Studi	:	Telekomunikasi Multimedia
Tugas Diberikan	:	Semester Genap 2019/2020
Dosen Pembimbing	:	1. Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D. 2. Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.
Judul Tugas Akhir	:	Perancangan dan Pembuatan Antena Microstrip Berpolarisasi Ganda Berbasis Metode Struktur Pentanahan Tiruan untuk Pelebaran Bandwidth **(Design and Manufacture of Dual Polarization Microstrip Antenas Based on Artificial Ground Structure Method for Bandwidth Enhancement)**

12 FEB 2020

Uraian Tugas Akhir:

Perkembangan dari antenna microstrip sangat pesat namun antena microstrip masih memiliki kekurangan pada bandwidth, gain dan efisiensi sinyal yang diterima (Gupta & Kanaujia, 2014).Kekurangan pada efisiensi bisa diperbaiki menggunakan antenna microstrip berpolarisasi ganda sehingga dapat meminimalisir efek dari millimeter wave yang mudah terpengaruh oleh *obstacle* lingkungan. Sedangkan untuk mengatasi kecilnya bandwidth sebesar 90Mhz dan belum memenuhi standart dari 3GPP Release 15 untuk frekuensi 2.4Ghz memiliki bandwidth 194Mhz dan nantinya akan diaplikasikan pada antena 5G bisa digunakan berbagai macam cara pelebaran bandwidth seperti penggunaan elemen parasitic, memperkecil konstanta dielektrik, dan menambah ketebalan susbtrat dimana salah satunya adalah metode *artificial ground structure* (AGS) yang bisa meningkatkan bandwidth secara signifikan antara 48,6% (Nakamura & Fukusako , 2011) sampai 78.26% (Gupta & Kanaujia, 2014) dimana jika dibandingkan dengan metode L-shaped probe dengan matching impedansi bisa melebarkan bandwidth sebesar 44% (Permatasari, 2015). Ketepatan desain merupakan hal yang sangat penting untuk mencapai pelebaran yang signifikan. Unit cell dan jarak antar unit cell yang memiliki peranan dalam peningkatan bandwidth dimana kesesuaian dimensi dari unit cell dan jarak antar unit cell dengan jenis patch yang digunakan.

Tugas akhir ini akan didesain dan dibuat elemen antena dengan bentuk patch *rectangular* yang berpolarisasi ganda serta menggunakan metode AGS untuk melebarkan bandwidth hingga mencapai standard atau meningkatan bandwidth sebesar 53,6%. Nantinya antena microstrip dengan AGS akan dibandingkan parameter-parameter yang telah ditentukan dengan antenna microstrip biasa baik secara simulasi menggunakan *Software CST Microwave Studio 2017* maupun setelah dilakukan fabrikasi dan pengukuran antenna secara langsung dan akan dilakukan perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran antenna yang telah di fabrikasi apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Kata kunci: *Dual Polarization, Microstrip Antenna, Artifical Ground Structure, Bandwith Enhancement, Rectangular Unit Cell*

Dosen Pembimbing I,

Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.
Nip : 197210012003121002

Dosen Pembimbing II,

Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.
Nip : 197011111993031002

Mengetahui,
Sekretaris Departemen I

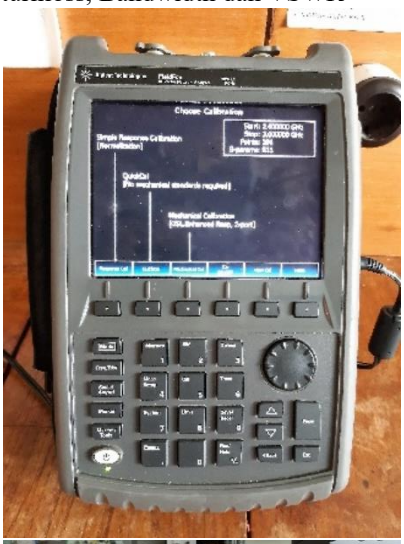
Dimas Anton Asfani S.T., M.T.,Ph.D.
Nip : 198109052005011002 1

Menyetujui,
Kepala Laboratorium Antena dan Propagasi

Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.
Nip : 197011111993031002

LAMPIRAN B
DOKUMENTASI PENGUKURAN ANTENA

A. Pengukuran Returnloss, Bandwidth dan VSWR



B. Pengukuran Pola Radiasi

BIOGRAFI PENULIS

Rendagusti Fatchul Baary, lahir di Kabupaten Purworejo tanggal 04 Desember 1997. Anak pertama dari dua bersaudara, merupakan putra dari pasangan Bapak Mustofa dan Ibu Sugiyati. Penulis menempuh Pendidikan formal dari SD Negeri Sucenjurutengah, SMP Negeri 2 Purworejo, dilanjutkan SMA Negeri 1 Purworejo. Setelah itu penulis melanjutkan Pendidikan jenjang S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil jurusan Teknik Elektro dengan bidang studi Telekomunikasi Multimedia.