TUGAS AKHIR – EE 184801

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *DIPOLE* WIDEBAND DENGAN DUAL-POLARISASI PADA FREKUENSI 2.6 GHZ

Fauzan Adzima Hawari
NRP 07111640000092

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

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

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

TUGAS AKHIR – EE 184801

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *DIPOLE* WIDEBAND DENGAN DUAL-POLARISASI PADA FREKUENSI 2.6 GHZ

Fauzan Adzima Hawari
NRP 07111640000092

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

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

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

FINAL PROJECT – EE 184801

DESIGN AND MANUFACTURE OF *DIPOLE* WIDEBAND MICROSTRIP ANTENNA WITH DUAL-POLARIZATION AT 2.6 GHZ

Fauzan Adzima Hawari
NRP 07111640000092

Supervisor(s)
Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
Eko Setijadi, S.T., M.T., Ph.D.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip *Dipole* dengan Dual-Polarisasi pada Frekuensi 2.6 GHz**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

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

Surabaya, 15 Juli 2020

Fauzan Adzima Hawari

NRP. 07111640000092

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *DIPOLE* DENGAN DUAL-POLARISASI PADA FREKUENSI 2.6 GHZ

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

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

SURABAYA
JULI, 2020

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *DIPOLE* DENGAN DUAL-POLARISASI PADA FREKUENSI 2.6 GHZ

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

Eko Setijadi, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197210012003121002

SURABAYA
JULI, 2020

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP DIPOLE WIDEBAND DENGAN DUAL-POLARISASI PADA FREKUENSI 2.6GHZ

Nama : Fauzan Adzima Hawari
NRP : 07111640000092
Pembimbing I : Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
Pembimbing II : Eko Setijadi, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Antena mikrostrip memiliki dimensi yang kecil dan berfrekuensi tinggi sehingga antena ini dipilih sebagai antena 5G dengan frekuensi kerja sebesar 2.6 GHz. Pemilihan bahan antena pada substrat dan patch akan berpengaruh pada ukuran dari elemen-elemen antena mikrostrip. Antena *dipole* dipilih karena sifatnya yang memiliki radiasi stabil dan memiliki struktur planar. Pada tugas akhir ini akan didesain dan dibuat antena mikrostrip *dipole wideband* dengan dual-polarisasi pada frekuensi 2.6 GHz Setelah difabrikasi akan diuji untuk mengetahui perbedaan dimensi, bahan (substrat, *patch*), dan keadaan di kondisi aslinya dibandingkan dengan desain yang telah dibuat di *CST Microwave Studio* 2017. Parameter antena dengan karakteristik *wideband* yang diamati adalah VSWR (<2), pola radiasi, bandiwdth ≥ 20% dan *return loss* (<-10dB). Setelah dilakukannya simulasi dengan menggunakan CST akan dibuat fabrikasi antena dan diukur parameter-parameternya. Pada hasil pengukuran didapatkan bahwa pada port 1 *return loss* memiliki nilai -28,02, *Bandwidth* sebesar 43,8% dan VSWR 1,083, sedangkan pada port 2 memiliki *return loss* -11,28, *Bandwidth* 30% dan VSWR 1,75. Pola radiasi pengukuran memiliki bentuk yang mirip walaupun terdapat perbedaan pada port 1. Untuk *gain* sendiri tidak dapat diukur karena keterbatasan alat.

Kata kunci : Antena Mikrostrip Dipol, Dual-Polarization, Wideband, Balun

Halaman ini sengaja di kosongkan]

ABSTRACT

DESIGN AND MANUFACTURE OF *DIPOLE* WIDEBAND MICROSTRIP ANTENNA WITH DUAL-POLARIZATION AT 2.6 GHZ FREQUENCY

Name : Fauzan Adzima Hawari
NRP : 07111640000092
Supervisor I : Dr. Ir. Puji Handayani, M.T.
Supervisor II : Eko Setijadi, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Microstrip antenna has small dimensions and high frequency so that this antenna was chosen as a 5G antenna with a working frequency of 2.6 GHz. The choice of antenna material on the substrate and patch will affect the size of the microstrip antenna elements. *Dipole* antenna was chosen because of its stable radiation and planar structure. In this final project will be designed and made a wideband *dipole* microstrip antenna with dual-polarization at a frequency of 2.6 GHz After fabrication will be tested to determine differences in dimensions, materials (substrate, patch), and the conditions in the original condition compared to designs that have been made in CST Microwave Studio 2017. Antenna parameters with observed wideband characteristics are VSWR (<2), radiation pattern, bath d 20% and *return loss* (<-10dB). After doing a simulation using CST antenna fabrication will be made and measured parameters. The measurement results show that on port 1 the *return loss* has a value of -28.02, a *Bandwidth* of 43.8% and a VSWR of 1.083, while on port 2 a *return loss* of -11.28, a *Bandwidth* of 30% and a VSWR of 1.75. The radiation pattern of measurement has a similar shape even though there is a difference in port 1. For the *gain* itself cannot be measured due to device limitations.

Keywords : Antenna Microstrip *Dipole*, Dual-Polarization, Wideband, Balun

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT. dengan segala rahmat, karunia, petunjuk, serta kekuatan yang berlimpah tak terkira yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *DIPOLE* DENGAN DUAL-POLARISASI PADA FREKUENSI 2.6 GHZ

Tugas Akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Sarjana pada Bidang Studi Teknik Telekomunikasi Multimedia, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tentunya juga tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu dengan segala hormat, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya buku ini dapat selesai.
2. Kedua orang tua dan adik-adik saya tercinta yang terus memberikan dukungan, semangat dan doa kepada penulis.
3. Dosen pembimbing 1 Dr. Ir. Puji Handayani, M.T. dan dosen pembimbing 2 Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, dan motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini kepada penulis.
4. Seluruh teman-teman e-56, khususnya teman-teman bidang studi Telekomunikasi Multimedia yang telah memberikan semangat, motivasi dan doa kepada penulis.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di kemudian hari.

Surabaya, Juni 2020

Penulis

[Halaman ini sengaja di kosongkan]

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
ABSTRACT iii
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xii
1 BAB 1 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan 2
1.5 Relevansi 3
1.6 Metodologi 3
2 BAB 2 5
2.1 Antena Mikrostrip 5
2.2 Antena *Dipole* (Bow-Tie) 5
2.2.1 T-Slot 7
2.3 Parameter Antena 8
2.3.1 Return loss 8
2.3.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) 9
2.3.3 *Bandwidth* 9
2.3.4 S-Parameter 10
2.3.5 Polarisasi Antena 10
2.3.6 Pola Radiasi 11
2.3.7 Directivity dan Gain 13

2.4 Teknik Pencatuan *Coaxial* 14
2.4.1 Balun 14
3 16
4 BAB 3 17
4.1 Alur Perancangan 17
4.2 Spesifikasi Rancangan 19
4.3 Simulasi CST Microwave Studio 2017 20
4.3.1 Home 20
4.3.2 Modelling 20
4.3.3 Pengaturan Frekuensi 21
4.3.4 Field Monitor 21
4.3.5 Time Domain Solver 22
4.4 Perancangan Antena *Dipole* 23
4.4.1 Perancangan Antena *Dipole* Sebelum Optimasi ... 23
4.4.2 Perancangan *Dipole* Setelah Optimasi 25
4.5 Pembuatan Antena 28
4.6 Metode Pengukuran 31
4.6.1 Metode Pengukuran VSWR dan *Return loss* 31
4.6.2 Metode Pengukuran Pola Radiasi 34
4.6.3 Metode Pengukuran *Gain* 37
5 BAB 4 39
5.1 Hasil simulasi antenna sebelum optimasi 39
5.1.1 Return loss dan Bandwidth 40
5.1.2 VSWR 41
5.1.3 Pola Radiasi 42
5.2 Hasil antenna setelah optimasi dan pengukurannya 43

5.2.1 Hasil Pengukuran dan Perancangan *Return loss* dan *Bandwidth* 43
5.2.2 Hasil Pengukuran VSWR 47
5.2.3 Hasil Pola Radiasi 50
5.2.4 Surface Current..... 53
5.2.5 Hasil pengukuran Co-polar dan Crosspolar..... 54
5.2.6 Pengukuran *Gain* 57
5.3 Tabel Hasil Pengukuran dan Perancangan Antena..... 58
5.3.1 Hasil Port 1..... 58
5.3.2 Hasil Port 2..... 59
6 BAB 5 61
6.1 Kesimpulan 61
6.2 Saran 61
DAFTAR PUSTAKA..... 62
LAMPIRAN 64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Antena Mikrostrip 5
Gambar 2-2 Bowtie 6
Gambar 2-3 T-slot antenna 8
Gambar 2-4 S-Parameter..... 10
Gambar 2-5 Polarisasi Linier 11
Gambar 2-6 Pola radiasi 12
Gambar 2-7 Kabel Coaxial 14
Gambar 2-8 Balun 15
Gambar 3-1 Alur Perancangan dan Pembuatan 18
Gambar 3-2 Home..... 20
Gambar 3-3 Modelling..... 21
Gambar 3-4 Pengaturan Frekuensi..... 21
Gambar 3-5 Field Monitor 22
Gambar 3-6 Time Domain Solver..... 23
Gambar 3-7 Tampak Atas Antena (port 1)..... 24
Gambar 3-8 Tampak Bawah Antena (port 2)..... 25
Gambar 3-9 Bagian Atas Antena (port 1) 26
Gambar 3-10 Bagian Bawah Antena (port 2)..... 27
Gambar 3-11 Bagian Samping Antena..... 28
Gambar 3-12 Gambar fabrikasi antenna (a) tampak atas, (b) tampak bawah..... 29
Gambar 3-13 Gambar fabrikasi balun..... 30
Gambar 3-14 Antena Horn..... 32
Gambar 3-15 VNA dan Kabel Coaxial 33
Gambar 3-16 Dummy load..... 33
Gambar 3-17 Pengukuran Antena..... 34
Gambar 3-18 Busur dan Kabel Koaksial..... 35
Gambar 3-19 Ilustrasi posisi alat pada pengukuran 36
Gambar 3-20 Pengukuran Antena..... 36
Gambar 3-21 Ilustrasi Pengukuran Gain..... 37
Gambar 4-1 hasil return loss pada port 1 40
Gambar 4-2 hasil return loss pada port 2 40
Gambar 4-3 VSWR Port 1 41
Gambar 4-4 VSWR Port 2 41

Gambar 4-5 Pola Radiasi Port 1 42
Gambar 4-6 Pola Radiasi Port 2 43
Gambar 4-7 Hasil SimulasiReturn loss dan Bandwidth Port 1 44
Gambar 4-8 S11 Port 1 45
Gambar 4-9 Hasil simulasi Return loss dan Bandwidth Port 2 46
Gambar 4-10 S11 Port 2 46
Gambar 4-11 VSWR Port 1 47
Gambar 4-12 VSWR Port 1 48
Gambar 4-13 VSWR Port 2 49
Gambar 4-14 VSWR Port 2 49
Gambar 4-15 Simulasi Pola Radiasi port 1 50
Gambar 4-16 Pengukuran Plot Radiasi Port 1 51
Gambar 4-17 Simulasi Pola Radiasi port 2 52
Gambar 4-18 Pengukuran Plot Radiasi Port 2 53
Gambar 4-19 Arus Port 1 53
Gambar 4-20 Arus Port 2 54
Gambar 4-21 Crospolar 55
Gambar 4-22 Co-polar 56
Gambar 4-23 Nilai Crospolar 57
Gambar 4-24 Nilai Co-polar 57

Gambar Lampiran 1 Kabel Rigid 30 cm 64
Gambar Lampiran 2 Loss Kabel Rigid 30 cm 65
Gambar Lampiran 3 Kabel Rigid 3,1 m 65
Gambar Lampiran 4 Loss Kabel Rigid 3,1 m 66
Gambar Lampiran 5 Kabel RG58 10 meter 66
Gambar Lampiran 6 Loss Kabel RG58 67
Gambar Lampiran 7 Penyangga Antena Tinggi 1,24 m 67

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Spesifikasi rancangan pada antena *dipole* (bowtie) 19
Tabel 3-2 Karakteristik fr-4 19
Tabel 3-3 Variabel Antena 24
Tabel 3-4 Tabel Variabel Antena (Bowtie) 25
Tabel 3-5 Tabel spesifikasi balun dan koaksial 31
Tabel 4-1 Tabel Hasil Simulasi Port 1 58
Tabel 4-2 Tabel Hasil Pengukuran Port 1 58
Tabel 4-3 Tabel Hasil Simulasi Port 2 59
Tabel 4-4 Tabel Hasil Pengukuran Port 2 60

Tabel Lampiran 1 Tabel Pengukuran Pola Radiasi 68

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi yang saat ini berkembang yakni teknologi internet 5G, yang saat ini belum resmi diluncurkan karena masih berkutat dengan regulasinya. Dikarenakan perkembangan pesat komunikasi modern dibutuhkannya antena yang memiliki karakteristik pita impedansi lebar, isolasi tinggi port-to-port, pola radiasi stabil, polarisasi silang rendah, dan low profile [1] [2]. Antena mikrostrip banyak di implementasikan pada gawai karena sifatnya yakni biaya pembuatan yang relatif murah, dimensi skecil dan sangat mudah untuk difabrikasi. Antena mikrostrip merupakan antena yang berupa lempengan logam yang memiliki 4 elemen yaitu: elemen peradiasi (Patch), elemen Substrat, elemen saluran pencatu, dan elemen ground plane. Dikarenakan Indonesia ini memiliki curah hujan yang tinggi maka perlu diperhatikan frekuensi yang tepat dan tidak terlalu tinggi, maka dari itu frekuensi yang dicanangkan yakni 2.6 GHz dan 3.5 GHz. Dengan menggunakan frekuensi tinggi akan berakibat pada panjang gelombangnya yang semakin kecil, hal ini juga berakibat pada dimensi antena mikrostrip itu sendiri.

Antena *dipole* sendiri dipilih karena sifatnya yang memiliki radiasi stabil, *low-profile* dan memiliki struktur bidang. Dengan dual polarisasi pada antena mikrostrip dapat memancarkan gelombang elektromagnetik vertikal dan horizontal secara bersamaan. Dimana hal ini antena *dual-polarized* menjadi populer di BTS, yang baik dalam mengurangi *multipath fading* dan meningkatkan kapasitas saluran. Teknik “dual-feed” [1] [2] yang digunakan pada tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan polarisasi silang. Antena yang menggunakan feed *aperture-coupled* secara umum memerlukan bidang reflektor di belakang antena untuk mengurangi efek dari platform dan untuk menghilangkan *back lobe radiation*. Ini biasanya meningkatkan keseluruhan tinggi antena. Penggunaan dari wideband balun meningkatkan kinerja, dengan mengorbankan desain yang lebih rumit sehingga antena dapat memiliki karakteristik wideband. Pada pembuatan tugas akhir ini akan diimpelementasikan penggunaan dual-feed dan wideband balun sehingga sesuai dengan karakteristik antena 5G, dan akan dibuat desain dan fabrikasi antena *dipole* mikrostrip wideband 2,6 GHz dual polarisasi.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana mendapatkan desain dan fabrikasi antena mikrostrip *dipole* wideband dengan dual polarisasi dengan frekuensi kerja 2,6 GHz.
2. Bagaimana mendapatkan bahan yang sesuai dengan permitivitas pada desain CST *Microwave Studio*.
3. Bagaimana mendapatkan hasil pengukuran parameter dari antena yang difabrikasi.
4. Membandingkan hasil dari simulasi dengan hasil pengukuran dari antenna.

1.3 Batasan Masalah

Pengerjaan Tugas Akhir ini dibatasi oleh hal – hal sebagai berikut:

1. Desain antena pada pengerjaan tugas akhir ini adalah antena mikrostrip dengan frekuensi kerja 2,6 GHz dan rasio *Bandwidth* melebihi 20%.
2. Paramater yang diamati antara lain adalah VSWR, Pola radiasi, dan *return loss.*
3. Desain antena yang dibuat memiliki substrat berbahan FR-4 dan *patch* berbahan *copper*.
4. Pengukuran dilakukan di lingkungan outdoor dengan halaman yang luas.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan desain dan fabrikasi antena mikrostrip *dipole* wideband dengan dual polarisasi dengan frekuensi kerja 2,6 GHz.
2. Mendapatkan bahan yang sesuai dengan permitivitas pada desain CST Microwave Studio.

3. Mengetahui mendapatkan hasil pengukuran parameter dari antena yang difabrikasi.

1.5 Relevansi

Antena mikrostrip *dipole* wideband dengan dual polarisasi pada frekuensi 2,6 GHz dapat sebagai alternatif desain antena mikrostrip untuk keperluan 5G.

1.6 Metodologi

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu: Studi Literatur, Simulasi dan Analisa Desain Antena, Pembuatan Antena, Pengujian Antena, dan Penyusunan Laporan.

1. Studi Literatur
   Tahap awal yang dilakukan yang perlu dicari untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah referensi dari publikasi ilmiah, jurnal ilmilah, buku pendukung, dan sumber lainnya. Kata kunci yang digunakan antara lain adalah antena mikrostrip dengan frekuensi 2.6 GHz, antena array, wideband, dan dual polarisasi.
2. Simulasi Antena
   Pada tahap ini dilakukan simulasi antena mikrostrip wideband dual polarisasi 2.6 GHz pada CST Studi Suite 2017. Simulasi dilakukan menyesuaikan dengan parameter-parameter seperti S parameter, *far field,* E *plane*, H *plane* dan lain seba*gain*ya. Simulasi ini dilakukan untuk menemukan bentuk yang paling optimal, pola radiasi yang sesuai dan parameter yang optimal sebelum dilakukannya pembuatan antena mikrostrip.
3. Analisa Parameter Antena
   Pada tahap analisa antena mikrostrip ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh dari teknik dual polarisasi, dan wideband pada antena *dipole*. Pada tahap ini juga bertujuan untuk menyesuaikan antena yang telah disimulasikan, apakah sesuai dengan kriteria antena wideband.

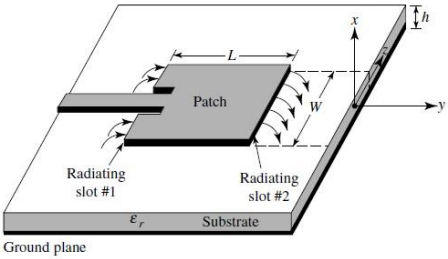
4. Evaluasi Antena
   Pada tahap ini, antena mikrostrip yang telah di simulasikan akan dievaluasi apakah antena mikrostrip sesuai dengan karakteristik wideband dengan dual-polarisasi. Evaluasi ini juga dilihat dari parameter-parameter antena seperti *return loss,* VSWR, *far-field, dan* S-parameter. Evaluasi ini juga dilihat karakteristik antena setelah disusun secara array.
5. Pembuatan Antena
   Setelah melalui tahapan simulasi dan analisa desain antena, maka dibuatlah antena yang sesuai dengan simulasinya. Pembuatan antena ini menggunakan substrat FR-4, patch berbahan copper, dan pencatuannya dengan kabel *coaxial* (port sma). Pembuatan antena ini juga mengacu pada simulasi yang telah dibuat di CST Studio Suite.
6. Pengujian Antena
   Pada tahapan pengujian antena, antena yang telah dibuat akan diuji dan dianalisa hasilnya apakah sama dengan yang disimulasikan. Parameter yang diujikan juga sama dengan yang disimulasikan yakni seperti S parameter, *far field*, E *plane*, H *plane* dan lain seba*gain*ya.
7. Penyusunan Laporan
   Setelah melakukan tahap-tahapan diatas, tahapan yang terakhir ini adalah penyusunan laporan tugas akhir berdasarkan data-data yang telah diambil dari simulasi maupun pengujian antena.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antena kecil yang dicetak di sebuah *board circuit* atau substrat, dan antena ini sudah sangat banyak digunakan di handphone. Antena ini banyak digunakan karena karakteristiknya yang *low-profile*, biaya pembuatan yang relatif murah dan sangat mudah untuk difabrikasi.Yang dimaksud dengan *low-profile* adalah lebar dan tinggi yang kecil dan biasanya antena ini memiliki masukan impedansi yang tinggi.

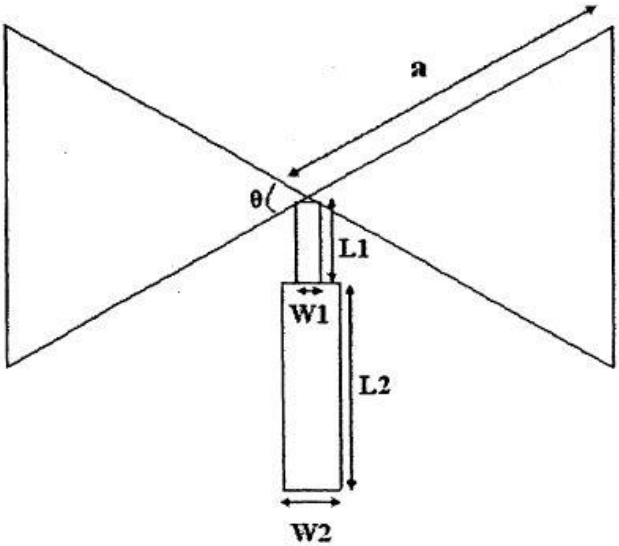


Gambar 2-1 Antena Mikrostrip *[3]*

Terdapat 3 bagian dasar dari antena mikrostrip ini sendiri yaitu *patch, substrat* dan *ground plane* [3]. Pada gambar 2.1 merupakan contoh gambar antena mikrostrip, antena diatas mengandung *metallic strip (patch)* yang sangat tipis dimana biasanya tinggi substrat adalah $0.003\lambda_\circ \leq h \leq 0.05\lambda_\circ$. Untuk pemilihan substrat ada banyak yang bisa digunakan untuk antena mikrostrip yang perlu diperhatikan adalah konstanta dielektriknya. Biasanya konstanta dielektrik berkisar antara $2.2 \leq \varepsilon_r \leq 12$ dimana yang digunakan untuk tugas akhir ini adalah FR-4 dengan konstanta dielektriknya adalah 4.4. Nilai konstanta dielektrik suatu substrat untuk antena mikrostrip menunjukkan semakin kecil nilainya semakin baik karena dapat menyediakan *Bandwidth* yang besar dan efisiensi lebih baik.

2.2 Antena *Dipole* (Bow-Tie)

Antena bowtie sangat menarik dalam Sistem komunikasi masa kini karena ukurannya, yang lebih kecil dari ukuran patch persegi panjang konvensional, meskipun mereka memiliki karakteristik yang sama dan mereka beroperasi pada frekuensi yang sama [4] [5]. Antena bow-tie adalah versi planar dari antena bikonikal yang dapat dengan mudah dicetak pada substrat. Apabila arus berakhir di ujung sirip, antena ini akan memiliki beberapa keterbatasan *Bandwidth* dibandingkan dengan antena bikonikal dan antena *cone*. Meski demikian, antena bow-tie menunjukkan perilaku impedansi yang baik serta memiliki *band* frekuensi yang lebar.



Gambar 2-2 Bowtie *[4]*

Untuk mendapatkan ukuran dengan frekuensi kerja tertentu maka antena bowtie dapat dirancang dengan menggunakan rumus sebagai berikut [4]:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}, \lambda_g = \frac{\lambda 0}{\sqrt{\varepsilon eff}}$$

ket :
λ_0 = merupakan
λ_g = merupakan
untuk menghitung sisi miring dari bowtie (a) maka rumusnya seperti berikut:

$$a = \frac{2c}{2f\sqrt{\varepsilon}},$$

dimana a (sisi miring) efektif,

$$a_{eff} = a + \frac{h}{\sqrt{\varepsilon}}$$

untuk menghitung konstanta dielektrik efektif maka,

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r+1}{2} + \frac{\varepsilon_r-1}{4\sqrt{1+\frac{12h}{a}}}$$

Untuk menghitung panjang dan lebar pada bow-tie adalah seperti berikut

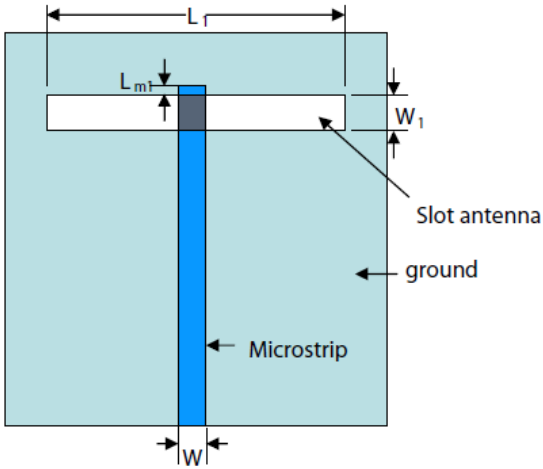
$$W = \frac{\lambda}{2\sqrt{\varepsilon r}}$$

$$L = \frac{\lambda g}{2}$$

Bentuk dari antena bowtie yang lebar di bagian atas, pada dasarnya membuat antena berperilaku seolah-olah lebih panjang dari yang sebenarnya. Perhatikan bahwa *Bandwidth* fraksional dari antena dipol kawat tipis memiliki karakteristik narrowband. Oleh karena itu, dipilihlah antena bowtie karena memiliki *Bandwidth* yang jauh lebih besar daripada antena dipol. Selain itu, antena ini mudah dicetak karena berbentuk bidang serta biayanya yang murah sehingga sangat populer pada saat ini.

2.2.1 T-Slot

Penggunaan t-slot pada antenna bowtie ini dapat mengubah frekuensi kerjanya serta dapat meningkatkan *bandwidth* antenna. Apabila antenna bowtie 'biasa' tanpa adanya penambahan t-slot *bandwidth* masih belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan yakni ≥20% dari frekuensi kerjanya. Sehingga dapat menambahi t-slot untuk memperbaiki *bandwidth* frekuensi menjadi lebih lebar.



Gambar 2-3 T-slot antenna [6]

Lebar dari slot adalah

$$L = 0{,}48\ \lambda_g$$

Pada paper [6] menunjukkan bahwa perubahan lebar slot antena akan mempengaruhi frekuensi resonansi. Ketika lebar slot meningkat, frekuensi resonansi akan berkurang dan *bandwidth* lebih lebar. Oleh karena itu, jika kita meningkatkan lebar slot, panjang slot harus dikurangi untuk mencapai frekuensi resonansi yang sama dan *bandwidth* yang lebih lebar.

2.3 Parameter Antena

Parameter antenna dilakukan untuk mengetahui karakteristik antenna yang diinginkan. Berikut adalah parameter yang digunakan pada tugas akhir ini

2.3.1 Return loss

Return loss merupakan rugi-rugi daya oleh sinyal yang terefleksi dari suatu kanal transmisi [3]. *Return loss* dapat juga dikatakan sebagai perbandingan rasio antara daya *input* dengan daya yang terpantulkan.

$$RL = 10\log \frac{Pi}{Pr}$$

atau

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

Dimana, Γ merupakan koefisien pantul yang dapat juga dikatakan sebagai perbandingan antara gelombang pantul dengan gelombang datang. *Return loss* sangat berkolerasi dengan VSWR dan juga koefisien pantul. *Return loss* juga dapat mengukur apakah baik atau buruknya sebuah alat/antena ketika dicocokan. *Return loss* pada antena harus memiliki nilai <-10dB untuk mendapatkan hasil yang baik.

2.3.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara tegangan yang datang dengan tegangan keluarannya. VSWR sangat berkaitan dengan koefisien pantul sama dengan *return loss*, hal ini mendeskripsikan bahwa daya pantul dari antenna. Rumus 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. Apabila suatu antenna itu bernilai '1' maka daya yang terpantulkan tidak ada sehingga antena dapat mentransmisikan sinyal dengan baik. Secara umum, nilai dari VSWR antenna dibawah dari nilai 2 sudah dapat bekerja dengan baik.

2.3.3 *Bandwidth*

Bandwidth dapat didefinisikan sebagai *range* frekuensi dari sebuah antenna yang bekerja. Range atau rentang frekuensi yang dimaksud adalah rentang antara frekuensi atas (f_H) dengan rentang frekuensi bawah (f_L).

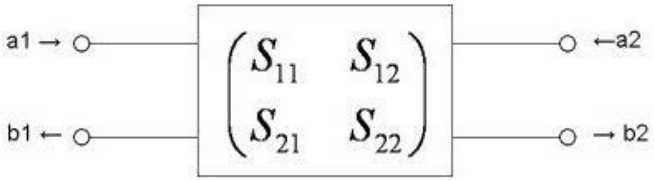
$$B_w = \frac{f_H - f_L}{f_c}$$

dimana, f_c merupakan frekuensi tengah dari range frekuensi kerja pada antenna. Dengan begitu, *Bandwidth* relatif konstan terhadap frekuensi. Berbagai jenis antena miliki keterbatasan *Bandwidth* yang berbeda-beda.

Wideband adalah karakteristik antena yang bekerja pada *Bandwidth* yang lebar. *Bandwidth* yang lebar juga dapat diartikan sebuah antenna memiliki *gain* atau VSWR yang bagus dalam rentang frekuensi yang lebar tersebut. Sehingga antenna yang memiliki karakteristik wideband dapat bekerja untuk mengirimkan sinyal yang sesuai dengan rentang frekuensi kerjanya.

2.3.4 S-Parameter

S-parameter menggambarkan respons dari jaringan N-port untuk sinyal ke salah satu atau semua port. Angka pertama dalam lambang 'S' merujuk ke port yang merespons, sedangkan nomor kedua mengacu pada port yang masuk. Jadi S21 berarti respons pada port 2 karena sinyal masuk di port 1.



Gambar 2-4 S-Parameter

S-parameter didefinisikan untuk frekuensi tertentu dan impedansi sistem, dan bervariasi sebagai fungsi frekuensi untuk jaringan yang tidak ideal.

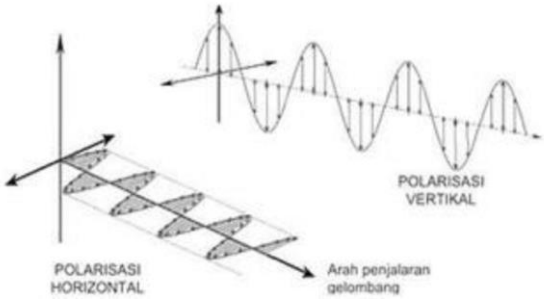
2.3.5 Polarisasi Antena

Polarisasi dari antena adalah polarisasi gelombang yang ditransmisikan (radiasikan) oleh antena. Ketika arah polarisasi tidak ditentukan maka polarisasi dari sebuah antena mengarah ke maximum *gain* dari antena tersebut. Secara praktis polarisasi dari energi yang diradiasikan bervariasi arahnya dari titik tengah antena. Polarisasi dari antena mikrostrip sangat bergantung pada *feed point* (pencatuan)-nya, apabila ingin mendapatkan

cross polarization maka pencatu dari antena harus dicatu dengan cara menyilang.

Polarisasi gelombang antena secara garis besar terbagi menjadi tiga yakni:

a) Polarisasi linear
   Merupakan polarisasi secara horizontal maupun vertikal yang terdiri dari medan magnet dan medan listrik yang saling tegak lurus.

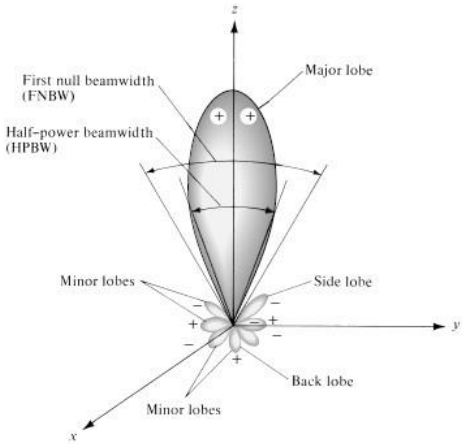


Gambar 2-5 Polarisasi Linier

b) Polarisasi *circular*
   Merupakan polarisasi melingkar hanya terjadi pada saat dua komponen yang besarnya sama dan perbedaan fase waktu diantara kedua komponen adalah $\pi/2$.
c) Polarisasi Ellips
   Polarisasi ini hanya akan terjadi apabila fase waktu dari dua komponennya berbeda dan sebesar $\pi/2$, serta magnitude dari dua komponen berbeda.

2.3.6 Pola Radiasi

Pola radiasi antena merupakan fungsi matematis yang di representasikan secara grafik dari sifat radiasi suatu antena dalam koordinat ruang bebas. Sifat dari radiasi antena meliputi keraptan fluks daya, intensitas radiasi, *directivity*, dan polarisasi.



Gambar 2-6 Pola radiasi *[3]*

Beberapa bagian dari pola radiasi disebut sebagai *lobes,* dimana *lobes* dibagi menjadi *major lobe* dan *minor lobe (side lobe,* dan *back lobe)* seperti pada gambar 2. *Major lobe* dapat diartikan sebagai pancaran utama radiasi dan mengandung arah maksimum dari radiasi tersebut. Pada beberapa antena *major lobe* dapat lebih dari satu, seperti antena *split-beam*. *Minor lobe* adalah pancaran radiasi antena selain dari pancaran utamanya. *Side lobe* adalah "pancaran radiasi ke arah mana pun selain pancaran yang dituju." (Biasanya *Side lobe* berbatasan dengan *major lobe* dan menempati belahan di arah dari mainbeam). Sebuah *back lobe* adalah "sebuah balok radiasi yang porosnya membentuk sudut kira-kira 180◦ sehubungan dengan pancaran antena". Biasanya mengacu pada *minor lobe* yang menempati belahan otak berlawanan arah dengan lobus utama. Bentuk dari pola radiasi ada banyak yakni omni-directional, directional, dan isotropis.

Pada sebuah antena terdapat pola pokok pancaran radiasi yaitu kuat medan listrik ($\bar{E}$) dan kuat medan magnet ($\bar{H}$). $\bar{E}$-plane didefinisikan sebagai "sebuah bidang yang berisi medan listrik vektor dan arah radiasi maksimum" dan $\bar{H}$-plane didefinisikan sebagai "sebuah bidang yang mengandung vektor medan magnet dan arah radiasi maksimum".

2.3.7 Directivity dan Gain

Direktivitas dari sebuah antena merupakan rasio intensitas radiasi dalam arah yang diberikan dari antena dengan intensitas radiasi rata-rata di semua arah. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan total daya yang dipancarkan oleh antena dibagi 4π. Jika arahnya tidak ditentukan, maka arah yang dimaksud adalah intensitas radiasi maksimum.

$$D = \frac{U}{U_o} = \frac{4\pi U}{P_r}$$

Dengan:

D = Direktivitas maksimum

U = Intensitas radiasi

U_o = Intensitas radiasi pada arah isotropik

P_r = Daya total yang diradiasikan

Gain merupakan perbandingan antara intensitas radiasi pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi daya yang diperoleh jika daya yang diterima antena diradiasikan secara isotropic. Berikut adalah rumus dari *gain* tersebut:

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

Selain itu, terdapat juga yang namanya *relative gain* yang merupakan perbandingan antara perolehan daya pada arah tertentu denga daya dari antena referensi. Ketika mengukur *gain*, maka nilai yang didapat adalah nilai *gain* maksimum. Pengukuran *gain* maksimum ini dapat dilakukan dengan menggunakan antena referensi dengan *gain* yang sudah diketahui dan dapat diperoleh dari:

$$G_T(dB) = P_T(dB) - P_S(dB) + G_S(dB) \qquad (2.8)$$

Dengan:

P_T = Daya *output* maksimum antena yang diukur

P_T = Daya *output* maksimum antena referensi

P_T = *Gain* maksimum antena yang diukur

P_T = *Gain* maksimum antena referensi

2.4 Teknik Pencatuan *Coaxial*

Teknik pencatuan coaxial atau probe feed adalah teknik yang sangat umum digunakan untuk memberi makan antena Microstrip patch. Konduktor dalam dari konektor coaxial memanjang melalui dielektrik dan di solder ke patch yang memancar, sedangkan konduktor luar dihubungkan ke bidang tanah. Keuntungan utama dari teknik pencatuan jenis ini adalah dapat ditempatkan di lokasi yang diinginkan di dalam patch agar sesuai dengan impedansi inputnya.

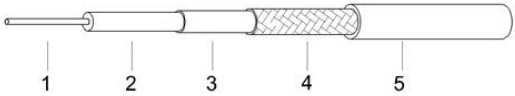
RG8 Coax Cable Double Shielded with Black PE Jacket

Voton P/N: RG8

Highlights:

RoHS Certificate: Compliant

Data Sheet:



Construction Spectification		
Item	Material	Diamenter (mm)
1. Inner Conductor	Bare Copper	2.74
2. Dielectric	Physical Foam Polyethylene	7.24
3. Outer Conductor	Bonded Aluminum Foil	7.39
4. Overall Braid	Tinned Copper Braid	8.13
5. Jacket	PE	10.29

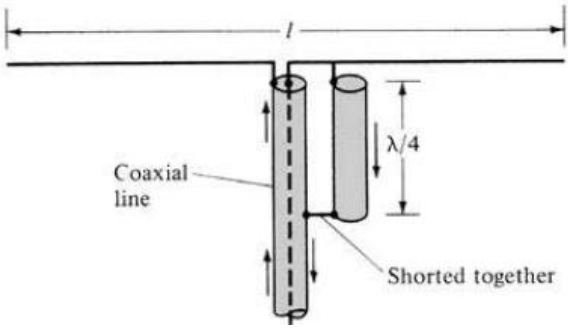
Gambar 2-7 Kabel Coaxial *[7]*

Namun, kelemahan utamanya adalah teknik pencatuan ini dapat menyebabkan antena mengalami penurunan rentang *Bandwidth* frekuensinya. Teknik ini juga sulit untuk dimodelkan karena lubang harus dibor di substrat dan konektornya menjulur ke luar bidang tanah, sehingga tidak sepenuhnya planar untuk substrat tebal. Selain itu, untuk media yang lebih tebal, panjang probe bertambah membuat impedansi input lebih induktif yang mengarah ke matching impedance.

2.4.1 Balun

Balun digunakan untuk "menyeimbangkan" sistem tidak seimbang atau sistem di mana daya mengalir dari garis tidak seimbang ke garis

seimbang. Hal ini dilakukan karena pada pencatuan coaxial *inner* dan *outer conductor* dari kabel tidak dicatu secara sama, hal ini menyebabkan ketidakseimbangan. Dan hasilnya aliran arus mengalir bagian luar *dari outer conductor*.



Gambar 2-8 Balun *[3]*

Dengan dipasangkannya balun akan menyebabkan pembatalan arus yang diinginkan. Aliran arus pada pelindung luar dari jalur utama akan dialirkan di bagian bawah akhir bagian dengan panjang balun λ/4 tetapi berlawanan fasenya. Idealnya di sana tidak ada aliran arus di permukaan luar perisai luar dari bagian yang tersisa dari garis koaksial utama. Panjang balun dibuat setinggi λ/4 untuk mencegah gangguan dari operasi normal antena.

BAB 3

METODOLOGI PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA

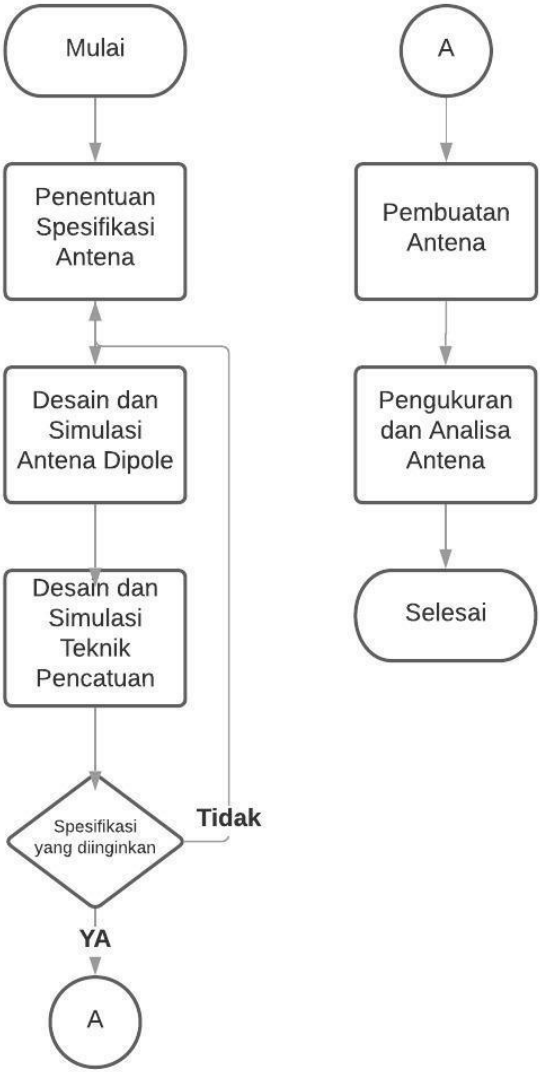
4.1 Alur Perancangan

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan antenna mikrostrip *dipole* dengan dual-polarisasi pada frekuensi 2.6 GHz. Tahapan alur dapat dilihat pada gambar 3.1.

Proses perancangan dimulai dengan menentukan antena apa yang diinginkan dan spesifikasi seperti apa yang diinginkan dengan melihat jurnal-jurnal yang ada. Pada tugas akhir ini akan dibuat antena sesuai dengan parameter pada batasan masalah. Setelah menentukan spesifikasi antena, kita dapat merancang antena menggunakan perangkat lunak yakni CST Microwave Studio 2017. Pada simulasi akan dibuat perancangan antena *dipole* dengan *Bandwidth* yang lebar serta bekerja pada frekuensi 2.6 GHz.

Perancangan pada perangkat lunak CST dibuatlah antena *dipole* dengan mengubah bentuk dari antena *dipole* itu sendiri. Dengan mengubah bentuk dengan *dipole* bow-tie maka didapatlah karakteristik wideband. Setelah mendapatkan spesifikasi yang sesuai berikutnya adalah membuat teknik pencatuannya. Teknik pencatuan pada Tugas Akhir ini adalah dengan menggunakan kabel coaxial dan terdapat balun dengan tinggi sebesar 28mm atau $\lambda/4$.

Setelah disimulasikan menggunakan CST Microwave Studio dan hasil sudah mencukupi untuk difabrikasi, maka langkah selanjutnya adalah fabrikasi antena. Pada fabrikasi antena dapat dilakukan dengan memesan pada tempat pembuatan antena atau pcb. Setelah proses fabrikasi, dilanjutkan dengan pengukuran kinerja antena mikrostrip untuk melihat kinerja sesungguhnya. Data hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil simulasi dan dilakukan analisa. Tahap terakhir adalah pembuatan laporan penelitian tugas akhir berdasarkan data-data penelitian yang telah diperoleh.



Gambar 4-1 Alur Perancangan dan Pembuatan

4.2 Spesifikasi Rancangan

Dalam menentukan spesifikasi rancangan antena mikrostrip perlu diketahui bahwa antena yang dirancang untuk keperluan seperti apa. Dalam tugas akhir ini akan dirancang antena *dipole* (bowtie) [2] [1] [8] dengan dual-polarisasi yang bekerja pada frekuensi 2.6 GHz. Adapun spesifikasi rancangan antena adalah sebagai berikut:

Tabel 4-1 Spesifikasi rancangan pada antena *dipole* (bowtie)

Spesifikasi Antena	**Keterangan**	**Satuan**
Bentuk Patch Antena	*Dipole* (Bowtie)	-
Frekuensi Kerja	2.6	Ghz
Bandwidth	≥ 520	Mhz
Return loss	≤ -10	dB
VSWR	< 2	-
Polarisasi	Ganda (vertical dan horizontal)	-
Metode Pencatuan	Kabel Coaxial	-

Selain dari spesifikasi rancangan antena hal yang perlu diperhatikan adalah karakteristik dari bahan dari substrat yang akan dipakai. Bahan yang akan dipakai adalah FR-4 *Epoxy* dimana bahan ini sangat sering dijumpai di Indonesia karena banyak yang menggunakannya. Sedangkan pada bagian patch dari antena berbahan tembaga yang akan difabrikasi sesuai dengan desain simulasi pada CST. Balun pada antena ini menggunakan kawat biasa yang akan disambungkan ke outer conducter dari kabel koaksial. Antena ini akan dicatu dengan 2 pencatu yang akan diletakkan di bagian bawah antena.

Tabel 4-2 Karakteristik fr-4

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

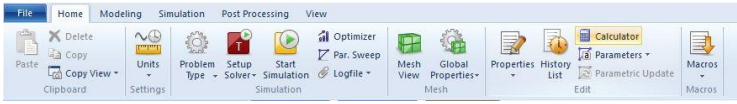
Ketebalan	1.6	mm

4.3 Simulasi CST Microwave Studio 2017

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan antena dengan menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio 2017. Pada sub-bab ini akan dijelaskan apa saja tools dari perangkat lunak CST yang dilakukan selama proses perancangan. Setiap perancangan pada microwave ini harus dikerjakan dengan teliti karena akan memengaruhi hasil dari simulasi yang akan dijalankan. Sebelum membuka *new project* dari CST akan terdapat apa saja simulasi yang akan dilakukan, apabila ingin membuat antena mikrostrip maka dipilihlah bagian Radio Frequency (RF).

4.3.1 Home

Pada bagian kolom Home terdapat bagian umum dari apa saja yang dapat dilakukan pada CST. Pada kolom ini terdapat units dimana kita akan mendesain antena dengan satuan unit tertentu di kolom ini juga dapat mengatur satuan unit dari desain. Selain itu, terdapat *setup solver* yang berfungsi untuk menjalankan simulasi apabila desain antena sudah jadi. Terdapat juga *tools parameters* dan kalkulator untuk menunjang dari desain antena. Pada macros sendiri kita dapat menghitung nilai koefisien dari port yang akan kita desain.



Gambar 4-2 Home

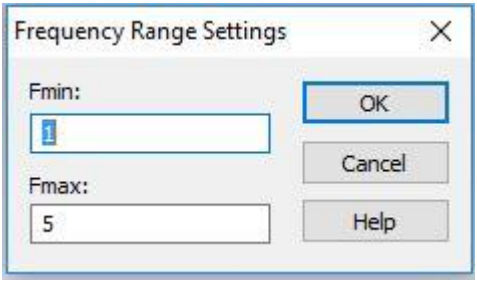
4.3.2 Modelling

Pada bagian kolom modelling, disinilah mendesain bentuk dari antena hingga dapat mengatur sumbu X,Y,Z untuk melihat desain antena berada pada sumbu yang sebelah mana. Disini terdapat juga alat penghubung (konduktor) seperti kabel apabila desain antena membutuhkan kabel. Pada *tools pick face* digunakan untuk memilih sisi mana yang akan diperbaiki.

Gambar 4-3 Modelling

4.3.3 Pengaturan Frekuensi

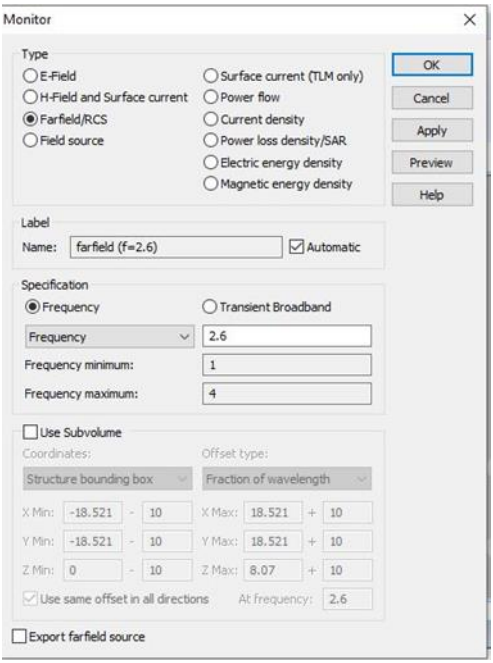
Pengaturan frekuensi berfungsi sebagai rentang frekuensi pengamatan yang diinginkan. Dalam menentukan frekuensi minimum dan frekuensi maksimum sebaiknya selisihnya tidak terlalu besar karena semakin besar range frekuensi yang disimulasikan maka proses simulasi akan berjalan lebih lama, hal tersebut disebabkan oleh *mesh* cells yang semakin banyak sehingga semakin banyak pula yang harus dihitung oleh komputer. Pada tugas akhir ini pengamatan yang dilakukan dengan rentang frekuensi 1 GHz sampai 5 GHz dikarenakan antena yang akan di simulasikan bekerja pada frekuensi 2.6 GHz.



Gambar 4-4 Pengaturan Frekuensi

4.3.4 Field Monitor

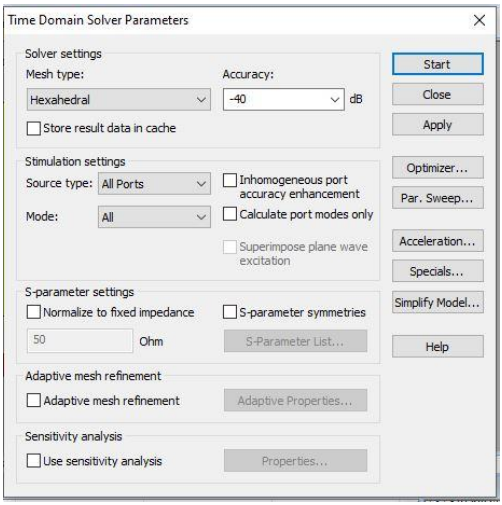
Pada *field monitor*, merupakan alat yang digunakan untuk mengamati parameter mana saja yang dibutuhkan. Dimulai dari medan magnet hingga medan jauh dari antena dapat kita amati menggunakan field monitor. Selain itu, dapat juga mengatur pada frekuensi berapa pengamatan parameter itu akan dilakukan. Hal ini membantu kita untuk lebih mengetahui parameter pada frekuensi kerja dari suatu antena.



Gambar 4-5 *Field Monitor*

4.3.5 Time Domain Solver

Penggunaan dari *Time Domain Solver* pada tugas akhir ini adalah dikarenakan ranah kerja dari solver ini efektif pada model antenna dengan ukuran sedang dan besar sehingga model antenna 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, digunakan *mesh type > hexahedral* dan pada S-paramter settings digunakan *Normaize to fixed Impedance* sebesar 50 Ohm. Semakin mendekati 0 *accuracy* pada jendela ini akan menyebabkan tingkat ketelitian simulasi lebih rendah tetapi lebih cepat ketika dijalankan, sehingga accuracy diatur sebesar -40dB karena waktu menjalankan simulasi tidak terlalu lama dan memiliki akurasi yang baik.



Gambar 4-6 *Time Domain Solver*

4.4 Perancangan Antena *Dipole*

Setelah ditentukan spesifikasi dan kriteria dari antena mikrostrip, maka dapat dilakukan perancangan antena mikrostrip *dipole* dengan bentuk bowtie. Antena *dipole* bowtie dipilih karena memiliki karakteristik yang lebih mudah untuk melebarkan *Bandwidth* frekuensinya. Bentuk bowtie sendiri merupakan bentuk *dipole* yang diubah sirip menjadi seperti pita.

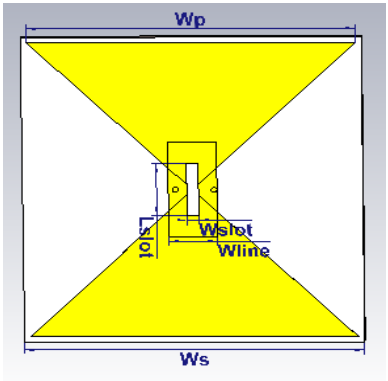
4.4.1 Perancangan Antena *Dipole* Sebelum Optimasi

Setelah menentukan karakteristik serta spesifikasi dari antena akan dilakukan perancangan antena *dipole*. Perancangan antena *dipole* ini akan berbentuk bowtie dikarenakan bentuk dari bowtie ini lebih mudah untuk memiliki *Bandwidth* yang lebar. Hasil dari antenna bowtie sebelum dioptimasi masih merupakan antenna yang belum memiliki karakteristik dan spesifikasi yang diinginkan sehingga diperlukan kajian untuk hasil sesuai dengan spesifikasi yang diingkan. Hasil dimensi antena setelah dilakukannya perhitungan adalah sebagai berikut:

Tabel 4-3 Variabel Antena

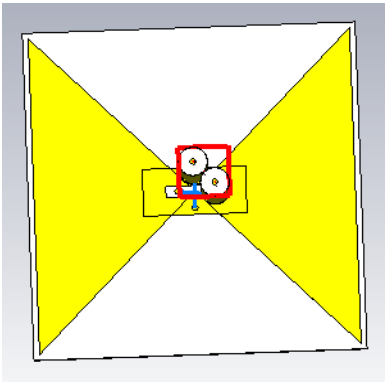
Variabel	Nilai	Keterangan
Wp	56 mm	Lebar Patch
Ws	57,69 mm	Lebar Substrat
Lslot	10 mm	Panjang Slot
Wslot	3,5 mm	Lebar Slot
Wline	8,3 mm	Lebar garis

Setelah mengetahui dimensi antena bowtie berbentuk normal ini, terbentuklah desain seperti gambar 3.7. Pada antenna dipole yang disimulasi terdapat dua sisi antenna yakni sisi pada bagian atas dan pada bagian bawah, dimana dua sisi ini masih dalam satu substrat. Dua sisi pada antenna ini memiliki dua buah antenna bowtie pada bagian atas dan bagian bawah dengan substrat yang diletakkan antara keduanya.



Gambar 4-7 Tampak Atas Antena (port 1)

Antena yang difabrikasi adalah antena yang terdapat dua sisi patch, yang pertama adalah sisi atas dan kedua adalah sisi bawah. Patch dengan dua sisi ini bertujuan untuk mendapatkan bamdwidth yang lebih luas. Namun, memiliki kekurangan yaitu tingkat polarisasi silang yang tinggi karena arus melintang. Untuk mengatasi hal ini dapat ditekan kerugiannya ketika antena secara simetris dicatu oleh sistem dual-feed.



Gambar 4-8 Tampak Bawah Antena (port 2)

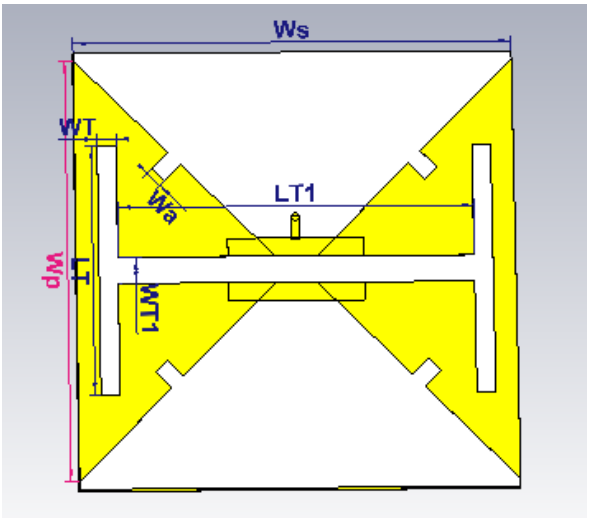
Antena *dipole* yang disimulasikan ini dicatu secara bersamaan dengan port 1 merupakan port yang mencatu sisi atas dari antena. Sedangkan pada port 2 ini akan mencatu sisi bawah dari antena. pada sisi atas antena bowtie dipasang secara vertical sedangkan pada sisi bawah dipasang horizontal. Pemasangan ini bertujuan untuk memiliki polarisasi ganda (vertikal dan horizontal) sehingga perlu pemasangan antena dipasang dengan perbedaan 90 derajat.

4.4.2 Perancangan *Dipole* Setelah Optimasi

Setelah menghitung ulang dan mengubah bentuk antena berkali-kali untuk menemukan karakteristik yang sesuai didapatlah dimensi antena sebagai berikut:

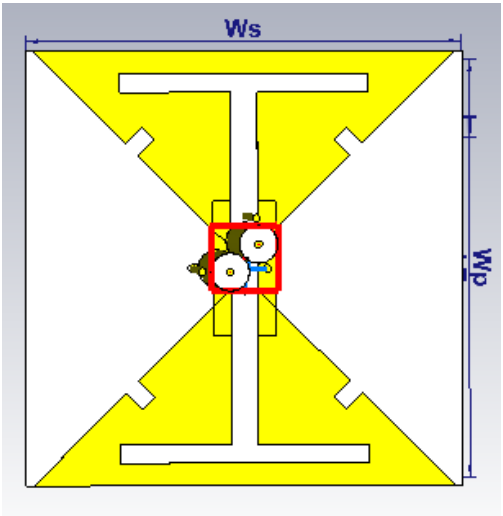
Tabel 4-4 Tabel Variabel Antena (Bowtie)

Variabel	**Nilai**	**Keterangan**
Ws	58 mm	Lebar Substrat
Wp	56 mm	Lebar Patch
WT	2.5 mm	-
Wa	2.5 mm	-
WT1	3.5 mm	-
LT	50 mm	Panjang slot
LT1	33 mm	Panjang slot T
Balun	28 mm	Tinggi Balun



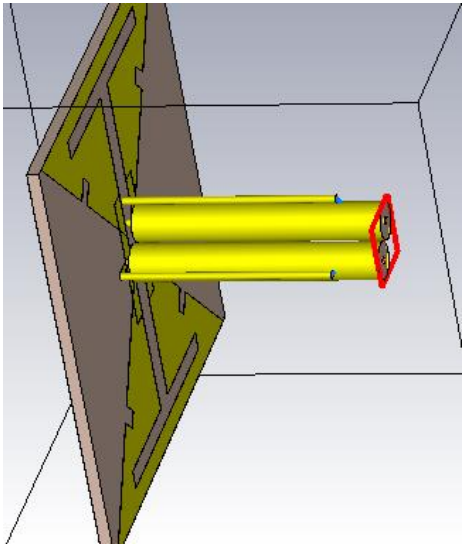
Gambar 4-9 Bagian Atas Antena (port 1)

Dua sisi pada antenna ini memiliki dua buah antenna bowtie pada bagian atas dan bagian bawah dengan substrat yang diletakkan antara keduanya. Bagian atas yang diletakkan secara horizontal ini akan dicatu pada port 1 antena. Penambahan T-slot pada antena *dipole* pada bagian atas dan bawah digunakan untuk meningkatkan *Bandwidth* dari antena. Selain itu juga T-slot digunakan untuk memperbaiki aliran arus pada antena bowtie [1] [2]. Hal itu bertujuan untuk meningkatkan polarisasi dari antena *dipole* (bowtie). Selain itu juga T-slot dapat menjaga *cross polarization* dari antena tetap berada dibawah -40 dB. Pada bagian atas ini juga dicatu yang tersambung ke bagian bawah substrat.



Gambar 4-10 Bagian Bawah Antena (port 2)

Pada bagian bawah antena memiliki dimensi yang sama persis dengan yang sisi atas antena. Bagian bawah antena ini diletakkan secara vertical dan dicatu pada port 2 antena. Terlihat pada bagian bawah antena memiliki dua pencatu untuk mendapatkan karakteristik polarisasi ganda. Bagian bawah antena dipasang dengan merotasi 90° antena bagian atas sehingga bagian sisi atas dan bawah menyilang. Hal ini juga bertujuan untuk memiliki polarisasi yang vertikal dan horizontal.

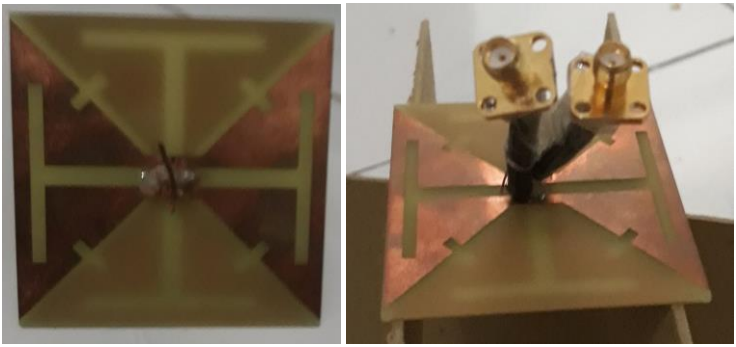


Gambar 4-11 Bagian Samping Antena

Pada bagian pencatu inner conductor dari kabel rg58 dipasang pada sisi atas antena untuk port 1 dan untuk port 2 dipasang di bagian sisi bawah antena. Dengan menggunakan Patch antena yang bertumpuk ini bertujuan untuk meningkatkan isolasi dari patch antena atas dan bawah sehingga medan listrik dan medan magnet tiap sisi antena tidak bertubrukan. Pada bagian ini juga terdapat balun yang memiliki tinggi $\lambda/4$ yaitu sekitar 28 mm. Hal ini bertujuan untuk menyeimbangkan arus yang *unbalanced* menjadi *balanced*.

4.5 Pembuatan Antena

Pembuatan antena dapat dilakukan dengan memesan di toko PCB dengan mengimport-nya pada file DXF maupun file Gerber. Dikarenakan wabah yang melanda, sehingga kami mengalami kesulitan untuk memesan antena. Pada gambar dibawah ini hasil dari pembuatan antena *dipole* sudah sesuai dengan ukuran yang ada pada simulasi hasil optimasi. Untuk kabel coaxial yang dicatu pada antena, disolder dengan menggunakan timah pada inner conductor. Pada outer conductor akan disolder juga pada antena dan disambungkan dengan bakun antena.



(a) (b)

Gambar 4-12 Gambar fabrikasi antenna (a) tampak atas, (b) tampak bawah.

Pembuatan antena adalah hal yang paling krusial selain dari pengukurannya, apabila fabrikasi antena tidak sama dengan dimensi antena pada simulasi sehingga karakteristik akan bergeser atau bahkan tidak memenuhi. Dikarenakan antena mikrostrip ini kecil pencatu dari antena ini juga kecil sehingga membutuhkan ketelitian untuk menyolder antena ini. Balun pada antena ini menggunakan kawat yang memiliki diameter 0,5 mm dengan dilapisi oleh dielektrik sehingga tidak mengganggu kinerja antena.

Gambar 4-13 Gambar fabrikasi balun

Pada bagian bawah antenna diberi balun, balun yang digunakan adalah kabel berkawat dengan diameter 0,5 mm. balun ini memiliki panjang yakni $\lambda/4$ dan disolder dengan outer conductor dari kabel koaksial. Tiap port pada antena diberi balun, pada port 1 yang mencatu antena bagian atas diberi balun begitu juga dengan pada port 2 sehingga terdapat 2 balun. Tabel spesifikasi dari balun ini adalah seperti tabel berikut:

Tabel 4-5 Tabel spesifikasi balun dan koaksial

Spesifikasi	Nilai	Satuan
Inner Conductor	0,5	mm
Outer Conductor	2,5	mm
Panjang Kabel Coaxial	28	mm

4.6 Metode Pengukuran

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

4.6.1 Metode Pengukuran VSWR dan *Return loss*

Langkah dari pengukuran VSWR dan *Return loss* adalah sebagai berikut:

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

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

Gambar 4-14 Antena Horn

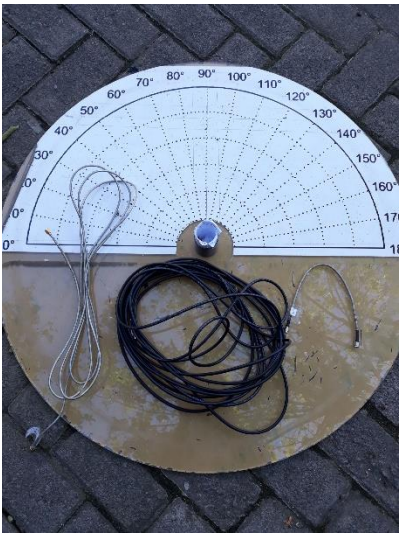
Gambar 4-15 VNA dan Kabel Coaxial

Gambar 4-16 Dummy load

Gambar 4-17 Pengukuran Antena

4.6.2 Metode Pengukuran Pola Radiasi

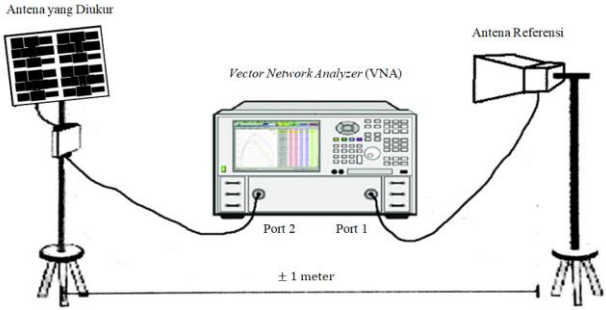
Perlengkapan yang dibutuhkan adalah *Vector Network Analyzer* (VNA), kabel coaxial, antena referensi, penyangga non metal dan busur sebagai acuan untuk memutar antena.



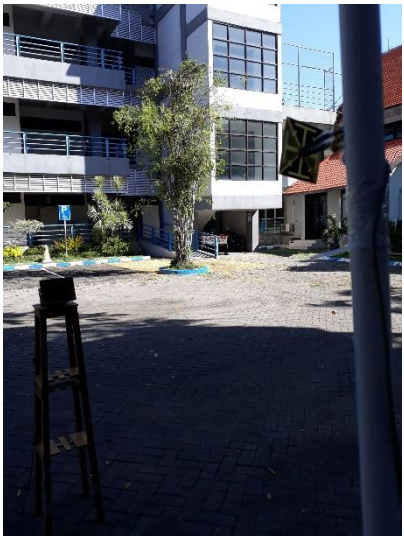
Gambar 4-18 Busur dan Kabel Koaksial

Langkah dari pengukuran pola radiasi antenna adalah sebagai berikut:

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



Gambar 4-19 Ilustrasi posisi alat pada pengukuran



Gambar 4-20 Pengukuran Antena

Antena mikrostrip pada derajat 90° harus menghadap ke antena referensi dan arah antena mengikuti derajat antena ketika menghadap ke arah sudut tersebut diukur.

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

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

Ket :
r_min = Jarak minimum medan jauh
D = Panjang diagonal dimensi antena
λ = Panjang gelombang antena

5. Antena yang diukur haruslah menghadap 0° pada pengukuran pertama.

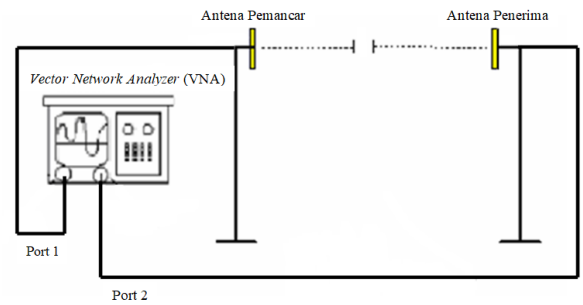
6. Tahap selanjutnya adalah memasukkan frekuensi batas bawah dan batas atas dari pengamatan. Pada frekuensi bawah di input 1 GHz dan pada frekuensi atas 6 GHz.

7. Untuk menampilkan data pada layar *display* tekan S21 yang akan menampilkan daya yang diterima antena.

8. Catat hasil dari layar display VNA tuliskan atau simpan hasil dalam bentuk csv/gambar.

9. Setekah mencatat hasil pada layar putar antena sebesar 10° dan ulangi tahap 7 dan 8 hingga posisi antena kembali ke 0°

4.6.3 Metode Pengukuran *Gain*



Gambar 4-21 Ilustrasi 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*, antena mikrostrip, 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.
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 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.
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.

BAB 4

HASIL PENGUKURAN DAN PERANCANGAN ANTENA

Pada bab ini dilakukan perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran, simulasi sudah dijelaskan dalam bab 3 dimana dilakukannya simulasi dengan menggunakan perangkat lunak CST Microwave Studio 2017. Pengukuran pada tugas akhir ini dilakukan di tempat parkir mobil dosen Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Hal ini dilakukan karena pada saat pengukuran, Indonesia mengalami wabah 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 antenna mikrostrip ini.

Pengukuran yang dapat dilakukan antara lain adalah *Return loss*, *Bandwidth*, VSWR dab Pola Radiasi. Sedangkan untuk *gain* dari antena yang telah difabrikasi tidak bisa diukur karena keterbatasan alat. Pengukuran antena sangat krusial karena kesalahan pengukuran bisa menyebabkan nilai dari pengukuran tersebut jelek. Pengukuran ini menggunakan alat Vector Network Analyzer, kabel koaksial, busur, tiang antena, dan juga antena referensi (horn).

Hasil pengukuran didapat setelah mengukur parameter-parameter yang sudah ditentukan seperti *Return loss*, VSWR, dan *Bandwidth*nya. Selain itu juga pengukuran ini mengukur pola radiasi dengan menggeser antena tiap 10 derajat. Hasil ini akan dibandingkan dengan hasil simulasi yang telah dijalankan, dan akan dianalisa apakah terdapat perbedaan dari keduanya atau tidak serta penyebab dari perbedaan nilai tersebut. Ada juga beberapa parameter yang tidak dapat diukur karena keterbatasan waktu dan tempat.

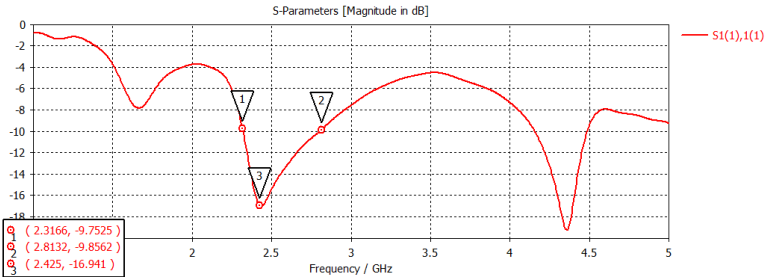
5.1 Hasil simulasi antenna sebelum optimasi

Hasil dari antenna sebelum optimasi merupakan rancangan awal antenna dimana akan dilakukan simulasi terus menerus dengan mengubah bentuk dari antenna serta mengubah jarak antar balun dan port-nya untuk mendapatkan hasil antenna yang diinginkan. Dari hasil simulasi sebelum

optimasi masih mengalami kekurangan pada bandwidth serta antenna masih bekerja di dua frekuensi.

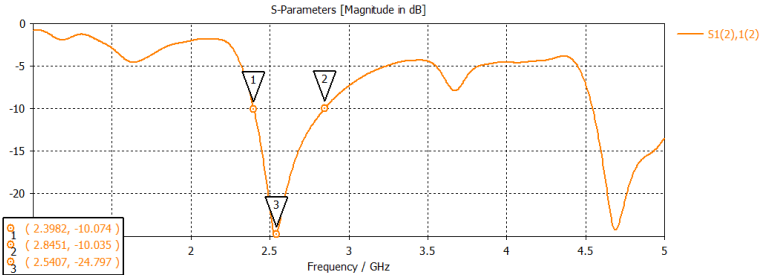
5.1.1 Return loss dan Bandwidth

Pada gambar dibawah merupakan hasil return loss dan bandwidth dari simulasi antenna yang belum dioptimasi. Nilai dari *return loss* yang dicari adalah berada pada ≤-10 dB, sehingga rentang frekuensi dari antena ini bekerja adalah pada frekuensi 2,31 - 2,81 GHz atau 19,2%. Hal ini tentunya belum memenuhi kriteria antena yang diinginkan.



Gambar 5-1 hasil return loss pada port 1

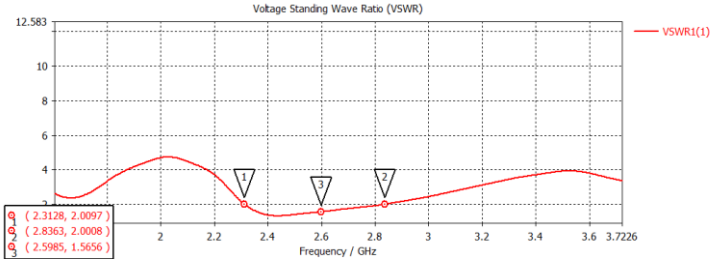
Gambar dibawah dapat kita lihat bahwa dari *return loss* pada frekuensi terbaiknya adalah 2,54 GHz. Rentang frekuensi dari antena ini bekerja adalah pada frekuensi 2,4 -2,85 GHz atau 17,3%. Hal ini tentunya belum memenuhi kriteria antena yang diinginkan.



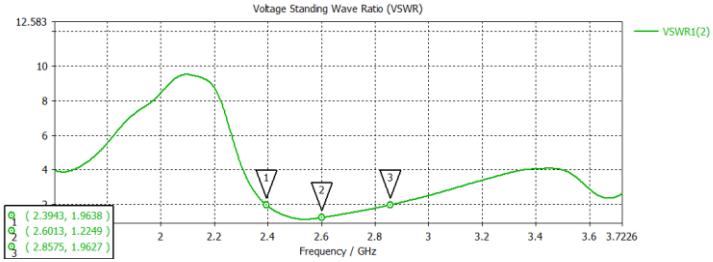
Gambar 5-2 hasil return loss pada port 2

5.1.2 VSWR

Pada gambar dibawah merupakan hasil dari simulasi VSWR antenna yang belum dioptimasi.



Gambar 5-3 VSWR Port 1

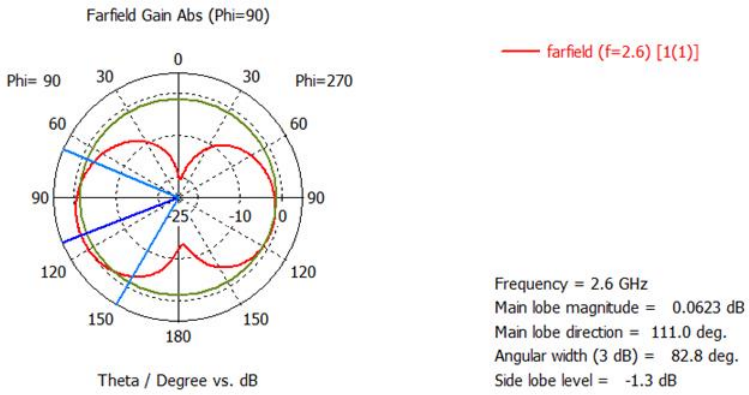


Gambar 5-4 VSWR Port 2

Pada gambar diatas antena yang memiliki frekuensi kerja 2,6 GHz ini memiliki VSWR sebesar 1,57 pada port 1. Sedangkan pada port 2 memiliki nilai VSWR sebesar 1,22. Hal ini sudah memenuhi parameter dari antena yang mengharuskan nilai VSWR $\leq$ 2.

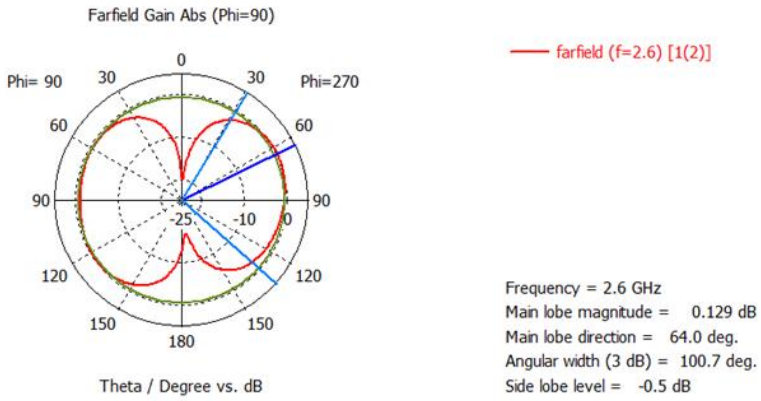
5.1.3 Pola Radiasi

Pada sub-bab ini merupakan hasil dari simulasi pola radiasi antenna yang belum dioptimasi dan tiap port memiliki pola radiasi tertentu.



Gambar 5-5 Pola Radiasi Port 1

Pada gambar diatas dapat kita lihat bahwa beam dari antena ini lebih mengarah ke bidang horizontal dan main lobe dari antena berada pada 115°. Dari plot *farfield* ini juga dapat dilihat bahwa *gain* dari antena ini masih terbilang jelek yakni sekitar 0,0623 dB.



Gambar 5-6 Pola Radiasi Port 2

Pada gambar diatas dapat kita lihat bahwa beam dari antena ini lebih mengarah ke bidang horizontal dan main lobe dari antena berada pada 63°. Dari plot *farfield* ini juga dapat dilihat bahwa *gain* dari antena ini masih terbilang jelek yakni sekitar 0,129 dB.

5.2 Hasil antenna setelah optimasi dan pengukurannya

Hasil yang ditampilkan pada sub-bab ini merupakan hasil simulasi serta pengukuran dimana pada simulasi sudah mengalami berbagai perubahan untuk mendapatakan spesifikasi yang diinginkan.

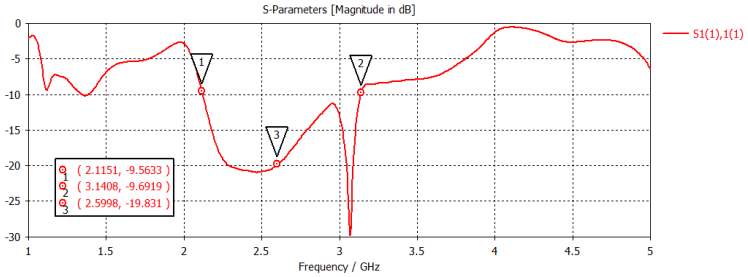
5.2.1 Hasil Pengukuran dan Perancangan *Return loss* dan *Bandwidth*

Pada sub-bab ini akan menjelaskan hasil dari pengukuran dan juga perancangan return loss dan bandwidth.

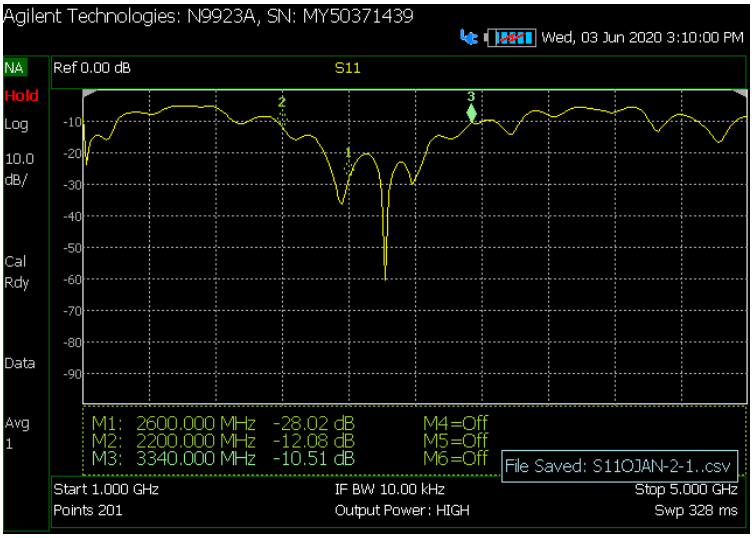
5.2.1.1 Hasil port 1

Hasil pada port 1 merupakan antenna yang berada pada sisi atas antenna. Simulasi S-Parameter dilakukan untuk mendapatkan rentang frekuensi kerja antena agar sesuai dengan kebutuhan. Dari grafik S-Parameter, dapat dilihat besar *return loss* dan *Bandwidth*-nya. Gambar 3.10 merupakan hasil simulasi antena yang dirancang untuk dapat bekerja pada frekuensi 2,6 GHz. Dari hasil antena yang dirancang pada frekuensi 2,6

GHz nilai *return loss* pada port 1 adalah sebesar -19,83 dB. *Return loss* yang rendah menandakan daya yang dipantulkan sangat kecil dibanding dengan daya yang diterima oleh antena. Untuk menentukan *Bandwidth* dari antena mikrostrip, dapat dihitung rentang frekuensi yang *return loss*-nya dibawah -10 dB. Sehingga antena yang disimulasikan memiliki *Bandwidth* dengan rentang frekuensi dari 2,11 GHz – 3,14 GHz atau sekitar 39,61%.



Gambar 5-7 Hasil Simulasi*Return loss* dan *Bandwidth* Port 1



Gambar 5-8 S11 Port 1

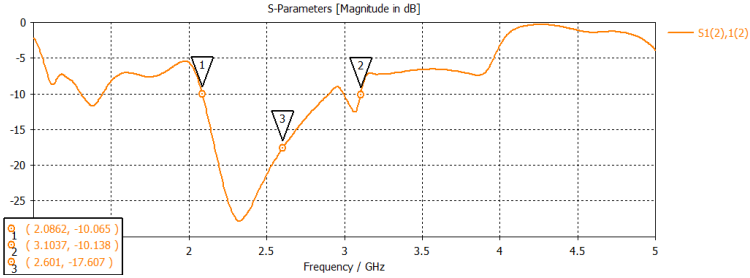
Pada pengukuran *return loss* dan *Bandwidth* kita melihat nilai dari S_{11} parameternya yang harus berada dibawah ≤-10 dB. Untuk melihat dan menganalisa *Bandwidth* antena cukup perlu rentang frekuensi atas dan bawah ketika *return loss* berada dibawah -10 dB. Dari hasil pengukuran port 1 diatas dapat dilihat bahwa *return loss* dari antena pada frekuensi 2,6 GHz adalah sebesar -28,02 dB. Sedangkan *Bandwidth* dari antena ini berada pada rentang frekuensi antara 2,2 – 3,34 GHz atau sebesar 43,85% dari frekuensi kerja 2,6 GHz.

Pergeseran *Bandwidth* terjadi dikarenakan banyak faktornya yakni fabrikasi dari antena itu sendiri. Dengan balun yang saya solder sendiri tentu akan berefek kepada pergeseran *Bandwidth* frekuensinya sehingga tidak bisa 100% sama dengan yang ada di simulasi. Pengukuran pada port 1 ini hasilnya mirip dengan yang ada di simulasi sehingga bisa dikatakan antena port 1 bisa bekerja dengan baik.

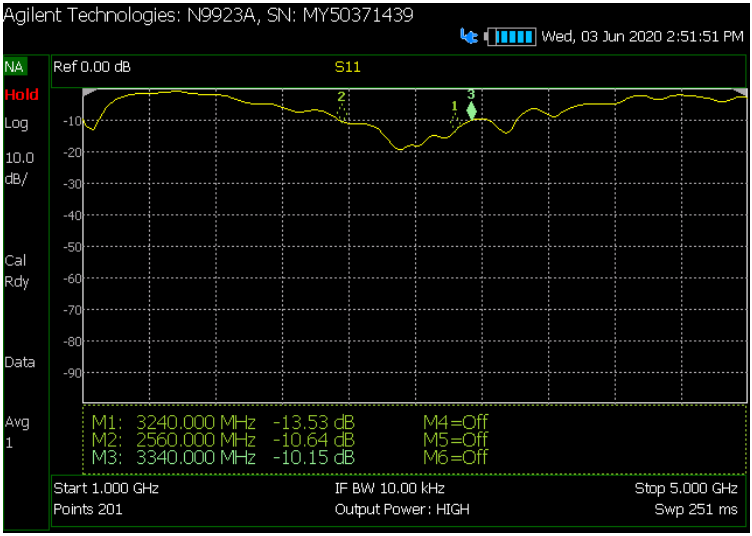
5.2.1.2 Hasil port 2

Hasil pada port 2 ini merupakan hasil dari antenna pada sisi bawah. Pada port 2 nilai *return loss* pada frekuensi 2,6 GHz adalah sebesar -17,6 dB. Antena pada port 2 yang disimulasikan memiliki *Bandwidth* dengan

rentang frekuensi dari 2,08 GHz – 3,1 GHz atau sekitar 39,23%. Hasil simulasi antena pada kedua port sudah memenuhi parameter yagn diinginkan dengan memiliki *Bandwidth* ≥ 20%.



Gambar 5-9 Hasil simulasi *Return loss* dan *Bandwidth* Port 2



Gambar 5-10 S11 Port 2

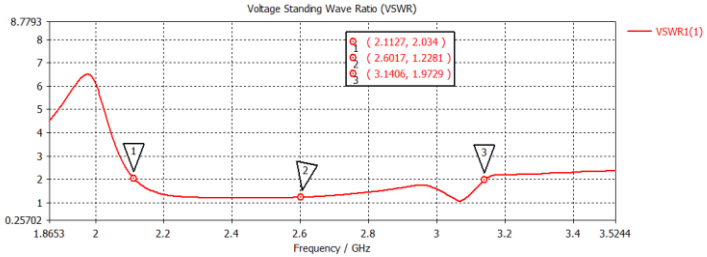
Pada pengukuran port 2 dari antena ini sedikit berbeda dengan yang ada di simulasi. Hal ini dikarenakan balun yang dipakai sudah tidak bagus

serta pencatuannya juga berefek kepada hasil pengukuran. Dilihat pada gambar 4.4 atau lebih akurat pada file csv menunjukkan bahwa *return loss* pada frekuensi 2,6 GHz sebesar -11,28 dB. Serta *Bandwidth* dari port 2 ini memiliki rentang frekuensi 2,56 – 3,34 GHz atau 30 %. Hasil ini sudah mencukupi nilai dari parameter yang sudah ditetapkan. Pergeseran nilai frekuensi dan *Bandwidth* pada antena dikarenakan fabrikasi penyolderan yang kurang presisi.

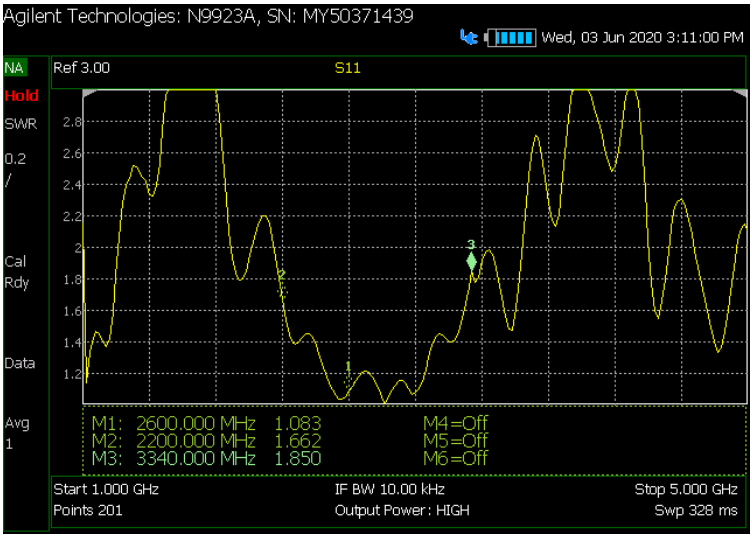
5.2.2 Hasil Pengukuran VSWR

5.2.2.1 VSWR Port 1

VSWR merupakan parameter yang juga sebagai penentu matching antara antena dan transmitter. Nilai dari VSWR yang paling sempurna adalah 1, namun kriteria antena dapat bekerja dengan baik adalah dengan nilai VSWR $\leq$ 2. Dari hasil simulasi pada gambar dibawah terlihat bahwa rentang frekuensi yang dapat digunakan adalah pada frekuensi 2,11 – 3,14 GHz yang memiliki nilai VSWR $\leq$ 2. Pada frekuensi 2,6 GHz yang merupakan frekuensi kerja dari antena ini memiliki nilai VSWR sebesar 1,22.



Gambar 5-11 VSWR Port 1

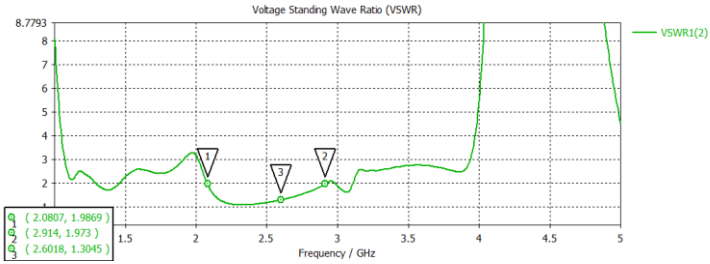


Gambar 5-12 VSWR Port 1

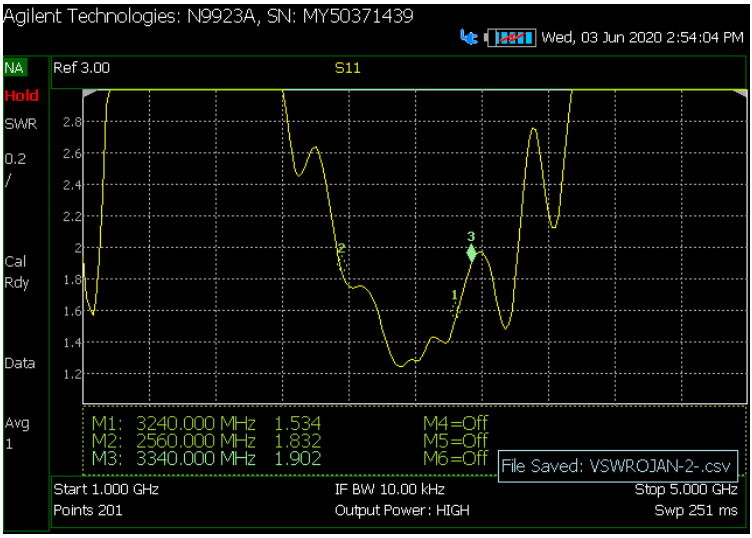
Pada hasil pengukuran pada gambar diatas dapat dilihat bahwa frekuensi kerja yang baik untuk antenna ini adalah dari rentang frekuensi 2,2-3,34 GHz. Hasil yang diperoleh pengukuran ini merupakan hasil yang terbaik dari beberapa percobaan. Beberapa percobaan yang lain tidak memiliki nilai yang sebaik pada gambar diatas. Pada gambar port 1 dapat dilihat bahwa pada frekuensi 2,6 GHz memiliki VSWR yang sangat baik yakni 1,08

5.2.2.2 VSWR Port 2

Dari hasil gambar dibawah dapat dilihat bahwa rentang frekuensi yang dapat digunakan adalah pada frekuensi 2,08 – 2,91 GHz yang memiliki nilai VSWR ≤ 2. Pada frekuensi 2,6 GHz yang merupakan frekuensi kerja dari antena ini memiliki nilai VSWR sebesar 1,3.



Gambar 5-13 VSWR Port 2



Gambar 5-14 VSWR Port 2

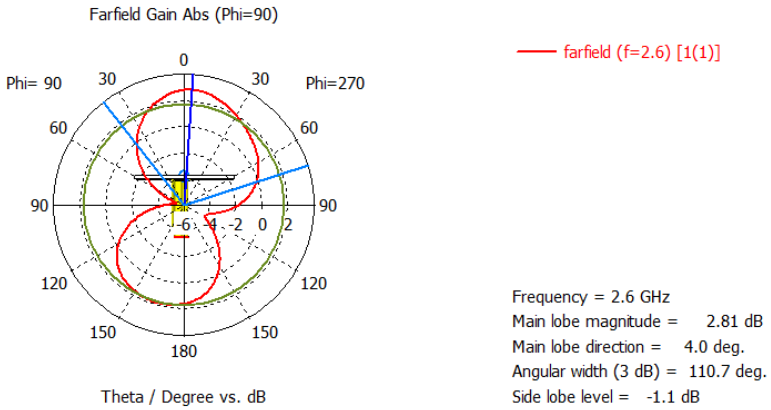
Pengukuran selanjutnya adalah pengukuran VSWR dimana nilainya sangat berkaitan dengan nilai *return loss*. Apabila *return loss* bernilai ≤ -10 dB maka nilai dari VSWR itu juga akan bernilai ≤ 2. Pada gambar port 2 dapat dilihat bahwa pada frekuensi 2,6 GHz memiliki VSWR yang memiliki nilai 1,75. Nilai dari port 2 ini lebih buruk daripada port 1 karena

port 2 mengalami kenaikan angka pada vswr-nya. Hasil ini sudah mencukupi nilai dari parameter yang sudah ditetapkan.

5.2.3 Hasil Pola Radiasi

5.2.3.1 Hasil pola radiasi port 1

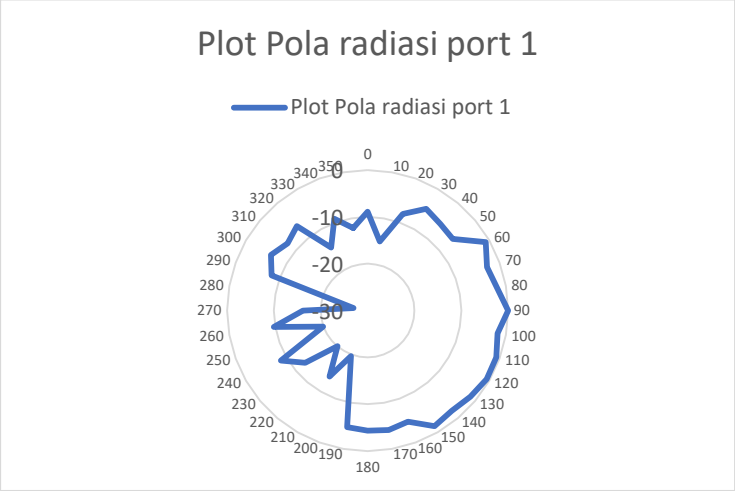
Pada gambar dibawah adalah hasil dari plot pola radiasi dari simulasi CST antenna pada port 1 dan akan dibandingkan dengan hasil pengukuran plot pola radiasi pada gambar dibawah ini. Pola radiasi pada port 1 merupakan plot radiasi pada antenna pada sisi atasnya yang tersusun secara horizontal.s *Farfield* pada port 1 ini pancaran sinyal terkuatnya adalah pada 4 derajat, serta memiliki *gain* terbesar sebesar 2,53 dB.



Gambar 5-15 Simulasi Pola Radiasi port 1

Pada pengukuran ini dilakukan dengan memutar tiang yang telah dipasang antena dengan menghadap antena referensi (horn) seperti pada sub-bab 3.8.2. Dari hasil pengukuran didapat bahwa bentuk dari pola radiasi tidak sesuai dengan simulasi. Selain itu juga pada pola radiasi ini ketika menghadap antena referensi pada derajat ke 90, berbeda dengan simulasinya yang berada pada derajat ke 0. Maka dari itu pola radiasi bergeser sebesar 90 derajat. Dari plot terlihat bahwa terdapat pancaran yang melemah antara derajat 190-280. Hal ini disebabkan karena terdapat

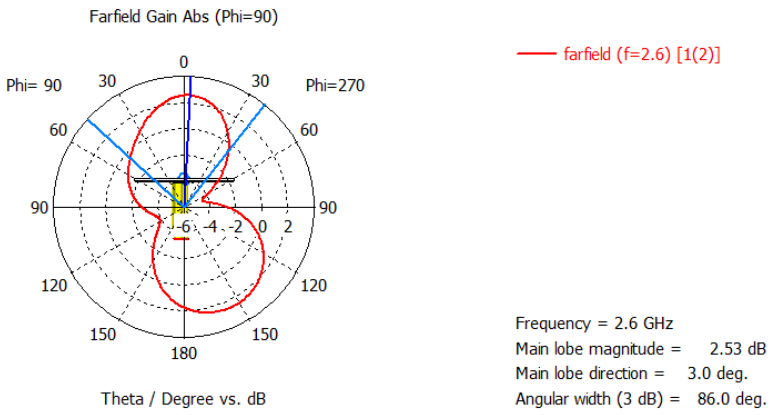
konstruksi kabel koaksial port 1 dan posisi antena ketika dipasang pada tiang pengukuran sedikit menghadap ke bawah sehingga tidak sejajar dengan antena referensinya (horn).



Gambar 5-16 Pengukuran Plot Radiasi Port 1

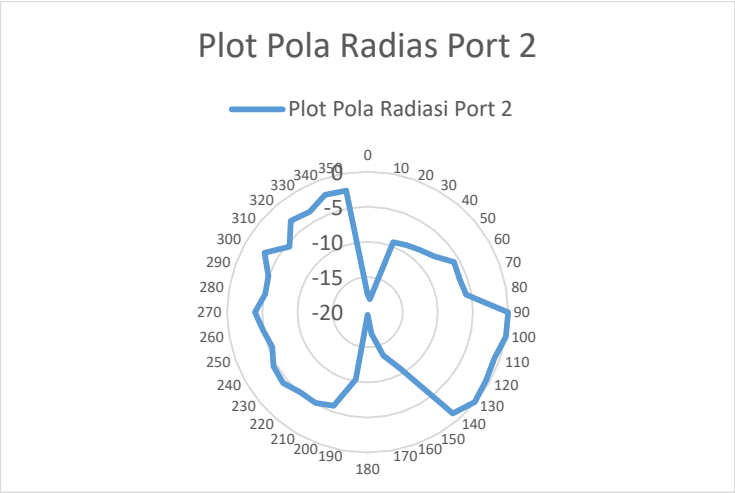
5.2.3.2 Hasil pola radiasi port 2

Pada port 2 pancaran sinyal terkuatnya adalah pada 3 derajat, serta memiliki *gain* terbesar sebesar 2,81 dB. Untuk mengetahui apakah antenna yang dirancang sudah memiliki polarisasi ganda bisa diamati dengan menganalisa aliran arus pada antenna. 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 dimaksud 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.



Gambar 5-17 Simulasi Pola Radiasi port 2

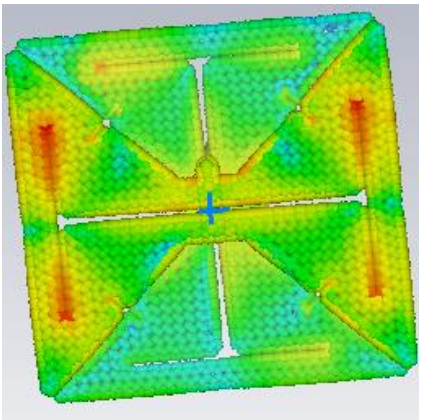
Pengukuran kedua dari pola radiasi ini lebih baik daripada pengukuran port 1. Selain itu juga pada pola radiasi ini memiliki pergeseran 90 derajat karena ketika menghadap antena referensi pada derajat ke 90, berbeda dengan simulasinya yang berada pada derajat ke 0. Pengukuran ini terlihat pada derajat ke 0 dan 180 memiliki nilai yang kecil. Sedangkan pada derajat 90 yang menghadap langsung ke antena referensi memiliki nilai radiasi yang tinggi.



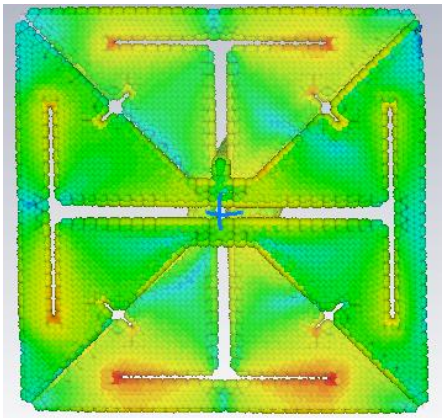
Gambar 5-18 Pengukuran Plot Radiasi Port 2

5.2.4 Surface Current

Hasil yang terlihat dibawah ini merupakan hasil simulasi pada perangkat lunak CST untuk mengetahui apakah antenna yang dirancang memiliki karakteristik dual-polarisasi.



Gambar 5-19 Arus Port 1

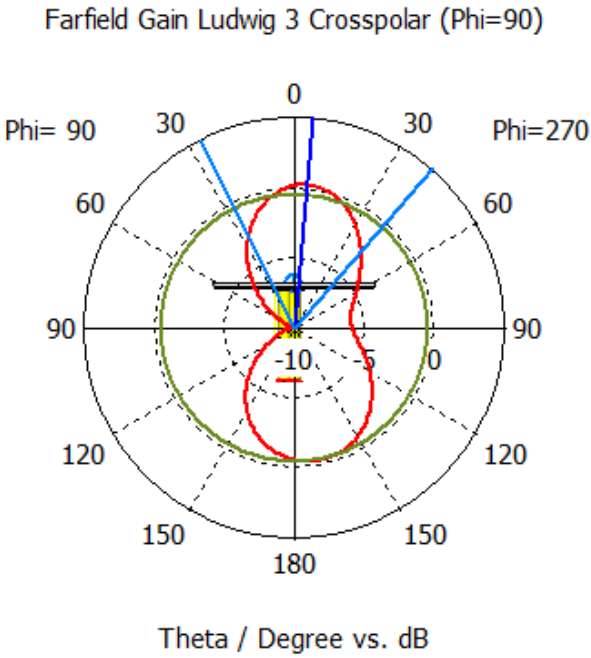


Gambar 5-20 Arus Port 2

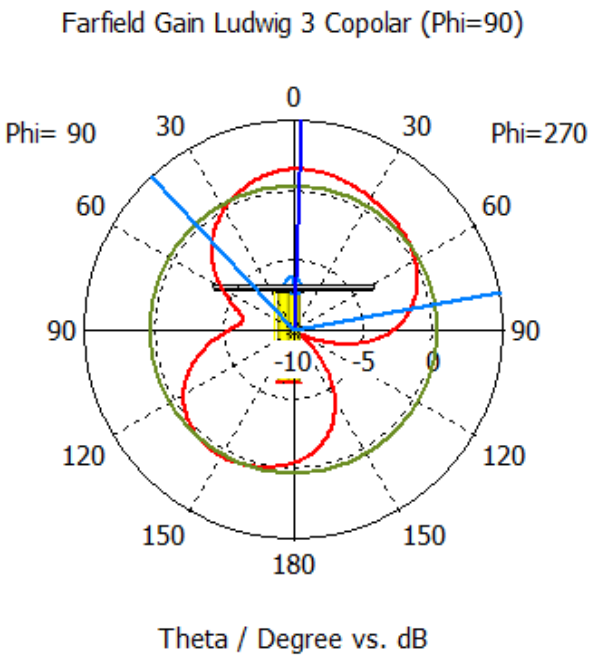
Terlihat pada aliran arus pada gambar diatas bertujuan untuk menganalisa suatu antena yang memiliki polarisasi ganda. Untuk polarisasi linier yakni horizontal dan vertical dapat kita lihat bahwa apabila dalam kondisi polarisasi horizontal arus yang mengalir lebih kuat pada bagian horizontalnya yaitu port 1 pada sis bagian atas dimana ujung dari antenna memiliki kerapatan arus yang lebih kuat (merah) dibandingkan dari bagian antenna yang lain. Begitu juga sebaliknya apabila polarisasi vertikal dapat dilihat dengan mengamati aliran arus terkuat berada pada sisi ujung vertikal. Pada simulasi diatas sudah dapat dipastikan bahwa antena ini memiliki polarisasi ganda karena untuk tiap polarisasi memiliki aliran arus kuat pada sisi horizontal dan vertikalnya.

5.2.5 Hasil pengukuran Co-polar dan Crosspolar

Untuk mengetahui apakah antenna yang dirancang sudah memiliki polarisasi ganda bisa diamati melalui aliran arus pada antenna namun selain itu juga bisa diamati dengan melihat plot medan jauh saat posisi *copolar* dan *crosspolar* dimana nilai dari arah *mainlobe magnitude*nya akan mendekati 0 ketika polarisasinya ganda.



Gambar 5-21 Crospolar



Gambar 5-22 Co-polar

Pada gambar co-polar menunjukkan bahwa arah polarisasi yang diinginkan, jadi apabila suatu antenna memiliki polarisasi horizontal maka sinyal terkuat ada pada horizontal. Sedangkan pada cros-pol merupakan arah polarisasi ortogonalnya, sehingga pada teori bahwa cros-pol tidak dapat menerima dengan baik pada arah vertikalnya. Dari gambar terlihat bahwa arah dari co-polar dan cros-polar memiliki arah yang mendekati 0 derajat, psada cross-pol arahnya adalah 5 derajat sedangkan pada co-pol 2 derajat.

Type	Farfield
Approximation	enabled (kR >> 1)
Monitor	farfield (f=2.6) [1(1)]
Component	Ludwig 3 Crosspolar
Output	Gain
Frequency	2.6 GHz
Rad. effic.	-0.5629 dB
Tot. effic.	-4.143 dB
Gain(Abs)	2.852 dB
Gain(Crossp.)	2.197 dB

Gambar 5-23 Nilai Crospolar

Type	Farfield
Approximation	enabled (kR >> 1)
Monitor	farfield (f=2.6) [1(2)]
Component	Ludwig 3 Copolar
Output	Gain
Frequency	2.6 GHz
Rad. effic.	-0.5661 dB
Tot. effic.	-4.212 dB
Gain(Abs)	2.641 dB
Gain(Copolar)	2.385 dB

Gambar 5-24 Nilai Co-polar

Pada gambar diatas dapat kita lihat bahwa nilai crospolar memiliki *gain* sebesar 2,852 dB fan *gain* crospolar memiliki nilai 2,197 dB. Hal ini dapat dikatakan bahwa port 1 memiliki *gain* normal dan *gain* crospol-nya. Pada gambar nilai Co-polar

5.2.6 Pengukuran *Gain*

Data dari pengukuran *gain* untuk antenna mikrostrip tanpa AGS ini tidak dapat di dapatkan karena adanya keterbatasan waktu saat pengukuran dan

kurangnya antenna referensi yang bisa di gunakan sebagai alat pengukuran. Karena syarat untuk mengukur antena harus memiliki antena transmitter dan receiver yang identik atau dengan antena yang memiliki frekuensi kerja yang sama.

5.3 Tabel Hasil Pengukuran dan Perancangan Antena

Hasil dari parameter perancangan antena ini sudah mengalami optimasi yang berkali-kali dengan mengubah bentuk dari bowtie sendiri hingga penambahan T-slot serta balun. Hasil dari simulasi akan dianalisa apakah sesuai dengan nilai parameter yang akan diukur. Analisa hasil pengukuran antena terbagi atas 2 yakni port 1 dan port 2 apakah hasil dari pengukuran ini sesuai dengan yang disimulasikan atau tidak.

5.3.1 Hasil Port 1

Tabel 5-1 Tabel Hasil Simulasi Port 1

Parameter Kinerja	**Nilai**	**Keterangan**
Return loss	-19,83	dB
VSWR	1,22	-
Gain	2,81	dB
Bandwidth	1030	Mhz
Frekuensi Atas	2,11	Ghz
Frekuensi Bawah	3,14	Ghz
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	-

Pada data *return loss* diatas sudah memenuhi kriteria karena batasnya adalah ≤ -10dB yang memiliki nilai -19,83 dB dan juga *bandwidth* memiliki rentang sebesar 39,6% dari frekuensi kerja 2,6 GHz Selain itu VSWR juga memenuhi syarat dengan nilai 1,22. Untuk polarisasi pada vertical dan horizontal dapat dilihat perbedaan pada aliran arusnya sehingga memenuhi kriteria. Dari hasil data parameter kinerja pada port 1, dapat dilihat bahwa semua parameter sudah memenuhi sehingga siap untuk difabrikasi.

Tabel 5-2 Tabel Hasil Pengukuran Port 1

Parameter Kinerja	**Nilai**	**Keterangan**
Return loss	-28,02	dB
Bandwidth	43,85%	-

Frekuensi Atas	2,2	GHz
Frekuensi Bawah	3,34	GHz
VSWR	1,083	-
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	-
Gain	-	Tidak dapat melakukan pengukuran

Pada tabel hasil pengukuran port 1 dapat kita amati bahwa terdapat perbedaan antara pengukuran antena dengan simulasi antena menggunakan CST. Tentunya banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran dari antena seperti fabrikasi, cara mengukur hingga pencatuannya. Dari perbedaan itu tabel diatas memiliki perbedaan yang sedikit dengan simulasinya. Pada *return loss* hasil simulasi sebesar -19,83 dB sedangkan pada pengukuran sebesar -28,02 dB hal ini mengalami nilai yang lebih baik daripada hasil simulasinya. Dengan peningkatan hasil yang lebih baik pada *return loss* nilai VSWR juga lebih baik 1,22 menjadi 1,083. *Bandwidth* dari pengukuran juga lebih baik yang semula 39,61% menjadi 43,85%. Terdapat pengukuran *gain* yang tidak dapat diukur karena keterbatasan alat dari antena *transmitter* dan *receiver*.

5.3.2 Hasil Port 2

Tabel 5-3 Tabel Hasil Simulasi Port 2

Parameter Kinerja	**Nilai**	**Keterangan**
Return loss	-17,92	dB
VSWR	1,3	-
Gain	2,53	dB
Bandwidth	1020	Mhz
Frekuensi Atas	2,08	Ghz
Frekuensi Bawah	3,10	Ghz
Polarisasi	Vertikal dan Horizontal	-

Pada data *return loss* diatas sudah memenuhi kriteria karena batasnya adalah ≤ -10dB yang memiliki nilai -17,92 dB dan juga *bandwidth*

memiliki rentang sebesar 39,2% . Selain itu VSWR juga memenuhi syarat dengan nilai 1,3. Untuk polarisasi pada vertical dan horizontal dapat dilihat perbedaan pada aliran arusnya sehingga memenuhi kriteria. Dari hasil data parameter kinerja pada port 2, dapat dilihat bahwa semua parameter sudah memenuhi sehingga siap untuk difabrikasi.

Tabel 5-4 Tabel Hasil Pengukuran Port 2

Parameter Kinerja	**Nilai**	**Keterangan**
Return loss	-11,28	dB
Bandwidth	30%	-
Frekuensi Atas	2,56	GHz
Frekuensi Bawah	3,34	GHz
VSWR	1,75	-
Polarisasi	-	-
Gain	-	Tidak dapat melakukan pengukuran

Pada hasil pengukuran port 2 terdapat perbedaan dari hasil simulasi. Hal ini dikarenakan pada fabrikasi balun tidak bisa sama persis yang ada disimulasi. Nilai *return loss* pada pengukuran sebesar -11,28 dB mengalami penurunan yang pada simulasi memiliki nilai sebesar -17,92 dB. Hal ini menyebabkan pengukuran VSWR pada port 2 mengalami kenaikan sebesar 0,45. Sama pada pengukuran port 1, pengukuran *gain* pada port 2 tidak bisa dilakukan karena keterbatasan alat.

BAB 5

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Pada perencanaan dan pembuatan antena mikrostrip *dipole* ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Desain antena mikrostrip *dipole* dengan mengubah bentuk menjadi bowtie, akan membuat *bandwidth* frekuensi akan menjadi lebar.
2. Antena yang telah difabrikasi memiliki b*andwidth*, return loss, dan VSWR yang sesuai dengan simulasi namun pada pola radiasi port 1 berbeda dengan yang ada disimulasi.
3. Fabrikasi antena yang tidak akurat menyebabkan pergeseran nilai dari parameter seperti b*andwidth*, *return loss* dan VSWR.
4. Pada antena ini, pemberian slot pada antena dan cara meletakkan antena secara horizontal dan vertikal akan memperoleh polarisasi ganda (vertikal dan horizontal).
5. Pada perancangan dan pembuatan antenna teradapat perbedaan pada bandwidth-nya, pada simulasi memiliki bandwidth sebesar 39,6% untuk port 1 dan 39,2% untuk port 2, sedangkan pada pengukuran port 1 memiliki bandwidth 40% sedangkan port 2 30%.

6.2 Saran

1. Proses pembuatan dan pengukuran antena harus dibuat dan diukur dengan teliti agar hasil dari simulasi bisa sama dengan yang difabrikasi.
2. Proses pengukuran harus didalam ruang chamber agar hasil pengukuran semakin bagus.

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. Li, Y. Z. Yin, W. Hu, Y. Ding and Y. Zhao, "Wideband Dual-Polarized Patch Antenna With Low Cross Polarization and High Isolation," *IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS*, no. 11, 2012.

[2] B. Li, Y. Z. Yin, W. Hu, Y. Ding and Y. Zhao, "Dual-polarised patch antenna with low cross-polarisation and high isolation for WiMAX applications," *ELECTRONICS LETTER*, no. 47, p. 17, 2011.

[3] C. A. Balanis, Antenna Theory : Analysis and Design, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2005.

[4] M. H. Jamaluddin, M. K. A. Rahim, M. Z. A. A. Aziz and A. Asrokin, "BOW-TIE MICROSTRIP ANTENNA DESIGN," *IEEE ELECTRONICS LETTER*, 2005.

[5] A. A. Asril, L. and Y. antonisfia, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Bowtie Pada Frekuensi 5,2 Ghz," *Elektron Jurnal Ilmiah*, no. 10, 2018.

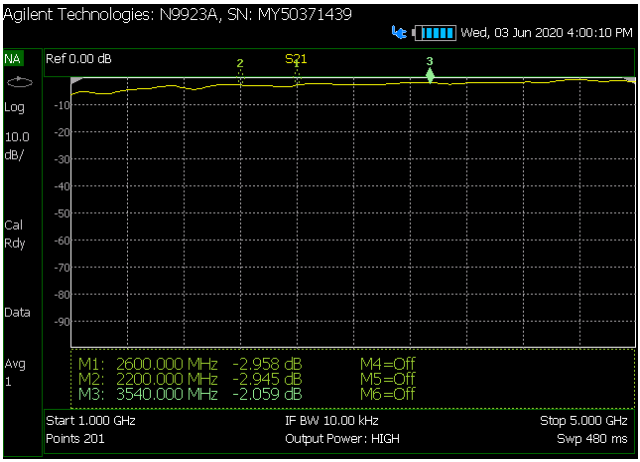
[6] C. Chulvanich, J. Nakasuwan, N. Songthanapitak, N. Anantrasirichai and T. Wakabayashi, "Design Narrow Slot Antenna for Dual Frequency," *PIERS ONLINE*, vol. 3, no. 7, 2007.

[7] "Alibaba," Zhengjian Voton Machinery, [Online]. Available: https://indonesian.alibaba.com/product-detail/coaxial-cable-price-rg58-rg6-rg11-rg8-chr-75-ohm-60303103364.html. [Accessed 7 6 2020].

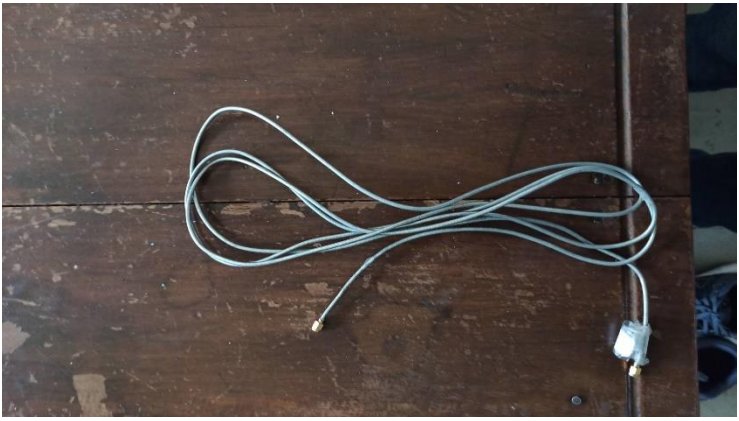
[8] P.-K. Tan and T.-H. Chio, "Low-Profile, Wideband Dual-Polarized Antenna With High Isolation and Low Cross Polarization," *IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS*, vol. 11, pp. 1536-1225/, 2012.

LAMPIRAN

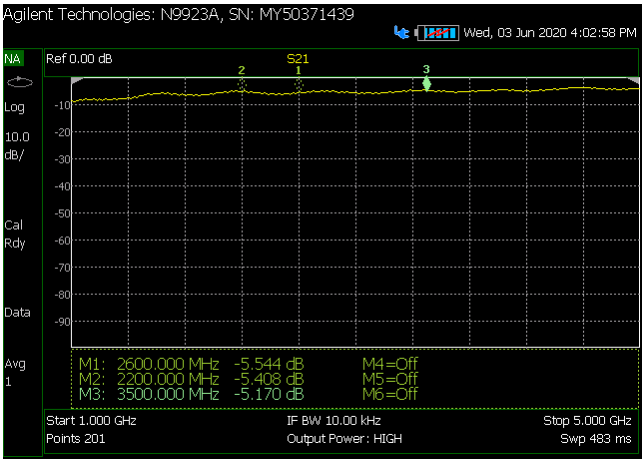
Gambar Lampiran 1 Kabel Rigid 30 cm



Gambar Lampiran 2 Loss Kabel Rigid 30 cm

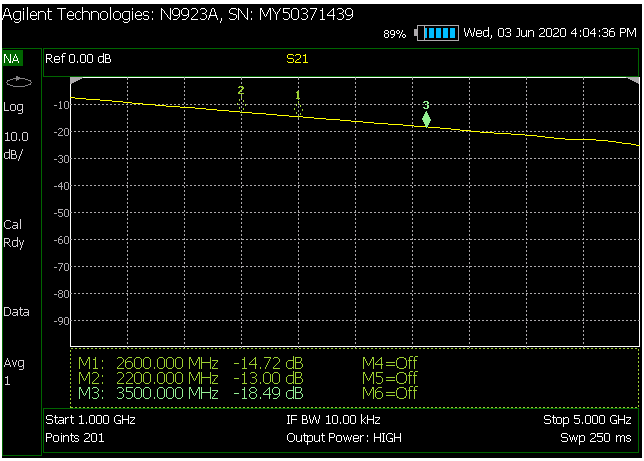


Gambar Lampiran 3 Kabel Rigid 3,1 m



Gambar Lampiran 4 Loss Kabel Rigid 3,1 m

Gambar Lampiran 5 Kabel RG58 10 meter



Gambar Lampiran 6 Loss Kabel RG58

Gambar Lampiran 7 Penyangga Antena Tinggi 1,24 m

Tabel Lampiran 1 Tabel Pengukuran Pola Radiasi

Sudut Pengukuran	Port 1	Port 2
0	-72,7348	-69,4436
10	-78,8807	-70,0755
20	-71,8792	-61,3162
30	-68,777	-60,9161
40	-69,6575	-60,3731
50	-70,0505	-59,5394
60	-64,6678	-57,7117
70	-66,6876	-57,9979
80	-65,7891	-57,6796
90	-63,8277	-51,9387
100	-65,6469	-51,943
110	-64,5445	-52,7516
120	-64,4862	-52,4711
130	-65,161	-52,0286
140	-65,8561	-53,1056
150	-65,2772	-62,7308
160	-68,5557	-65,3462
170	-67,8845	-68,7949
180	-68,1547	-71,535
190	-68,5112	-62,2136
200	-83,4558	-57,7562
210	-77,5265	-57,0403
220	-83,8618	-57,0403
230	-76,4173	-56,2354
240	-72,4305	-56,4588
250	-83,7105	-57,4928

260	-73,4827	-56,8712
270	-80,0535	-55,8803
280	-90,7753	-57,1257
290	-71,9843	-56,9279
300	-70,0283	-55,0073
310	-71,5491	-57,4067
320	-70,3219	-54,96
330	-78,277	-55,4619
340	-72,9532	-54,1724
350	-75,9472	-54,3873

BIOGRAFI PENULIS

Fauzan Adzima Hawari merupakan penulis dari buku tugas akhir ini yang berjudul "Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip *Dipole* Wideband dengan Dual-Polarisasi Pada Frekuensi 2.6GHz". Pria ini lahir di Surabaya pada tanggal 11 Oktober 1997. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SDIT Al-Uswah Surabaya pada tahun 2004-2007, setelah itu penulis bersekolah di SR Islam Al-Irsyad Kuantan pada tahun 2007-2010. Pada tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikan di SMP-IT Al-Uswah. Hingga pada tahun 2013 penulis bersekolah di SMAN 5 Surabaya dan lulus pada tahun 2016. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis memiliki motto hidup "semua kesulitan manusia yang diberikan oleh tuhan tidak akan melebihi kemampuan hambanya".