

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP MULTI DIPOLE UNTUK APLIKASI ADS-B  
RECEIVER FREKUENSI 1090 MHZ  
DESIGN OF MULTI DIPOLE MICROSTRIP ANTENNA FOR APPLICATION OF ADS-B  
RECEIVER FREQUENCY 1090 MHZ**

**Raihan Zacky<sup>1</sup>, Dwi Andi Nurmantis<sup>2</sup>, Yussi Perdana Saputera<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung

[raihanzacky@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:raihanzacky@student.telkomuniversity.ac.id), [dwiandi@tass.telkomuniversity.ac.id](mailto:dwiandi@tass.telkomuniversity.ac.id)

---

---

**Abstrak**

Teknologi ADSB adalah teknologi baru dalam pengamatan pesawat terbang yang merupakan kombinasi global positioning system (GPS), sehingga pesawat bisa terlacak posisi, kecepatan, arah angin, dan ketinggian. Alat ini bisa dipasang di pesawat atau stasiun darat dan lebih unggul dari radar. ADS-B ini memang terlihat revolusioner, dengan hanya berbekal antenna dan alat kurang dari sebesar lemari es kecil dapat mendeteksi pesawat terbang dan menampilkan lalu lintas udara. Automatic Dependent Surveillance- Broadcast (ADS-B) adalah teknologi pendeteksi dimana setiap pesawat lewat transponder yang dimiliki memancarkan setiap dua kali dalam tiap detik informasi ketinggian, posisi, kecepatan, arah, dan informasi lainnya ke stasiun darat dan pesawat lainnya. Informasi ini didapat dari informasi Global Positioning System (GPS) atau backup Flight Management System (FMS) yang ada di pesawat masing-masing.

Sistem ADS-B ini juga memungkinkan komunikasi data antar pesawat udara. Pada sistem ADS-B untuk bagian groundstation merupakan sistem penerima dari data yang di kirimkan pesawat pada frekuensi 1090 MHz menggunakan antenna sebagai media penerima dari sinyal yang dikirimkan dari pesawat.

Antena merupakan salah satu perangkat yang berperan penting bagi komunikasi ADS-B ini, penerimaan signal terpenuhi, dengan perkembangan antenna yang mengarah ke Gain dan bandwidth yang besar. Antena ini bekerja pada frekuensi 1090 MHz menggunakan substrat FR4. Antena mikrostrip akan dibuat simulasi dengan menggunakan software CST Suite Studio yang hasilnya akan direalisasikan kedalam bentuk fisik. Hasil pengukuran pada antenna mikrostrip multi dipole ini dapat menunjukkan bahwa antenna memiliki bandwidth yang lebar dan dapat bekerja pada frekuensi 1090 MHz dengan nilai  $VSWR \leq 2$ , return loss  $\leq -10$  dB, dan gain minimum 2 dB.

***Kata kunci : software CST Suite Studio, ADS-B, Antenna Mikrostrip, Pesawat***

---

***Abstract***

ADSB technology is a new technology in aircraft observation that is a combination of global positioning system (GPS), so that the aircraft can track position, speed, wind direction, and altitude. It can be mounted on aircraft or ground stations and is superior to radar. Ads-B does look revolutionary, with only antennas and tools less than the size of small refrigerators capable of detecting aircraft and displaying air traffic. Automatic Dependent Surveillance- Broadcast (ADS-B) is a detection technology in which each aircraft via a transponder is emitted twice every second of altitude, position, speed, direction, and other information to ground stations and other aircraft. This information is obtained from global positioning system (GPS) information or flight management system (FMS) backups on their respective aircraft

This ADS-B system also enables data communication between aircraft. The ADS-B system for the groundstation is the receiving system of the data sent by the aircraft at a frequency of 1090 MHz using the antenna as the receiving media of the signal sent from the aircraft.

Antennas are one of the devices that play an important role for ads-b communication, signal reception is fulfilled, with antenna development leading to gain and large bandwidth. The antenna works at a frequency of 1090 MHz using the FR4 substrate. Microstrip antennas will be simulated using CST Suite Studio software whose results will be realized into physical form. The results of measurements on this microstrip antenna to show that the antenna has a wide bandwidth and can work at a frequency of 1090 MHz with a vswr value of  $\leq 2$ , return loss of  $\leq -10$  dB, and a minimum gain of 2 dB.

***Kata kunci : CST Suite Studio Software, ADS-B, Antenna Mikrostrip, Plane***

---

## 1. Pendahuluan

Teknologi telekomunikasi berkembang sangat pesat dan melingkupi banyak bidang termasuk bidang penerbangan. Teknologi Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management (CNS/ATM) yang berbasis satelit telah disepakati dan menjadi standar internasional dalam pengelolaan ruang udara di setiap negara dalam 10 Air Navigation Conference yang diselenggarakan di Montreal pada tahun 1991 untuk mengantisipasi pertumbuhan penerbangan yang tinggi tanpa mengorbankan aspek keselamatan dan pengoperasiannya [1]. Automated Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) merupakan bagian dari teknologi CNS/ATM yang mampu menunjukkan lokasi pesawat menggunakan navigasi satelit Global Positioning System (GPS) dan memungkinkan pesawat untuk mengirimkan lokasi akurat pesawat dan data penerbangan (seperti ketinggian dan kecepatan) ke pesawat terdekat dan Air Traffic Controller (ATC).

Radio Detection And Ranging (RADAR) adalah sistem pengawas pesawat udara yang dapat melacak posisi pesawat udara. Namun RADAR masih mempunyai kekurangan, yaitu jarak untuk mendeteksi suatu objek terbatas, karena RADAR menggunakan sistem pantul [2]. Maka dari itu, dibuatlah sistem yang dapat memberikan informasi lebih pada pesawat udara, yang bernama Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B). ADS-B adalah sistem penerbangan baru yang dapat mendeteksi data seperti RADAR. Perbedaannya adalah ADS-B menggunakan teknologi Global Navigation Satellite System (GNSS) untuk mengetahui posisi transponder dan ground station [3]. Sistem penerima ADS-B memakai frekuensi kerja sebesar 1,09 GHz, dengan polarisasi linier vertikal dan pola radiasi omni directional [4]. Pada bulan Desember 2016, teknologi ADS-B telah diuji coba di 2 bandara yaitu Bandara Hussein Sastranegara Bandung dan Bandara Ahmad Yani Semarang. Saat ini, Indonesia telah memiliki 31 Ground Station ADS-B yang dapat mencakup seluruh ruang udara Indonesia, meliputi 10 Ground Station terintegrasi dengan Jakarta Air Traffic Service Center (JATSC) dan 21 Ground Station terintegrasi dengan Makassar Air Traffic Service Center (MATSC). Terdapat 295 bandar udara yang tersebar di seluruh provinsi di Indonesia, dan sekitar 255 bandar udara non-radar yang membutuhkan perangkat ADS-B untuk ATC dan Surface Movement Monitoring, serta penambahan Ground Station di lokasi lain [5].

Pada proyek akhir ini akan membuat rancang bangun Antena Multi dipole dengan metode microstrip yang dapat bekerja pada frekuensi 1090 MHz pada aplikasi ADS-B receiver, dengan lebar bandwidth yang diharapkan sebesar 20 MHz, return loss < - 10 dB dan gain minimum 3 dB untuk memenuhi kebutuhan penelitian penerimaan ADS-B menggunakan substrat FR4 untuk simulasi dan perancangan software CST Suite Studio dan SDR ADS-B kits.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Automatic Dependent Surveillance Broadcast(ADS-B)

*Automatic Dependent Surveillance Broadcast* merupakan sistem pengawasan udara yang digunakan untuk mengetahui posisi pesawat, kode pesawat, ketinggian, dan data lainnya. ADS-B secara periodik memancarkan informasi dan data - data lain ke pesawat lain, ke satelit, dan ke stasiun bumi. Sistem ADS-B terletak pada pesawat terbang yang beroperasi menggunakan satelit [6]. ADS-B memiliki 2 jenis, yaitu ADS-B in dan ADS-B out. Kedua sistem tersebut memiliki fungsi yang berbeda. ADS-B in berfungsi untuk menerima informasi antar pesawat dan mengirimkan informasi ke ground station atau ATC (*Air Traffic Control*) di bandar udara. ADS-B out berfungsi untuk memberikan informasi rute, kedatangan setiap pesawat, dan memberikan informasi identitas pesawat, ketinggian, kecepatan, dan posisi pesawat [2].

Sistem ADS-B terdiri dari 3 (tiga) sub sistem yaitu: *Signal Processing Unit* (SPU), *Site Monitor* (SM) dan GPS RX antena. a) ADS-B *Ground Station* AS 680 Masing masing Ground Station A dan B terdiri dari :

1. *Signal Processing Unit* (SPU)  
Secara umum SPU akan menerima sinyal dari antena ADS-B yang berisi data pesawat serta menerima sinyal GPS sebagai data referensi untuk Timing dan Lokasi station. Output data berupa format ASTERIX Cat 21 yang akan didistribusikan melalui sistem jaringan komputer, raw data dan video signal monitor [10].
2. *Site Monitor* (SM)  
Digunakan untuk mengecek peralatan secara langsung, dengan cara mengambil data melalui probe antenna monitor. Melalui kabel kontrol ke LCMS maka kita dapat mengetahui parameter peralatan [10].
3. GPS RX antenna

GPS receiver menggunakan frekuensi GPS L1 (1575,42 MHz). Proses penentuan posisi berdasarkan referensi waktu guna menghasilkan data yang akurat. Akurasi ditentukan oleh HPL (horizontal level of protection) yang sama dengan di pesawat. HPL menunjukkan kemampuan untuk menentukan kesalahan satelit, juga digunakan untuk menentukan posisi dan waktu sebagai dasar untuk sistem pewaktuan (timing system) [10].

## 2.2 Antenna

Antena secara umum merupakan suatu perangkat yang bisa memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik dan dapat didefinisikan sebagai transduser, karena mengubah arus listrik bolak balik (ac) menjadi gelombang elektromagnetik. Dalam penjalarnya dari suatu pemancar menuju penerima yang jauh jaraknya, gelombang elektromagnetik mengalami pengurangan energi, sehingga ketika diterima oleh penerima, kekuatan sinyal sudah berkurang. Untuk dapat diterima dengan baik oleh penerima atau receiver maka perlu diperhatikan parameter-parameter yang menjadi dasar antena seperti gain, pola radiasi, polarisasi, dan direktivitas [11].

## 2.3 Antenna Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan (board) tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi. Antena mikrostrip dibuat dengan menggunakan sebuah substrat yang mempunyai tiga buah lapisan struktur dari substrat. Lapisan-lapisan tersebut adalah, [12]

### a. Trace atau konduktor

Trace ini yang disebut juga patch, merupakan lapisan teratas dari substrat, lapisan ini biasanya terbuat dari konduktor. Konduktor umumnya terbuat dari bahan tembaga, aluminium, atau emas. Pada lapisan ini akan dibentuk menjadi suatu bentuk tertentu untuk mendapatkan suatu pola radiasi seperti yang diinginkan.

### b. Dielektrik

Bagian tengah dari substrat, pada lapisan ini digunakan bahan dielektrik. Dielektrik dengan ketebalan  $h$  memiliki permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) berkisar antara 2,2 hingga 10. Konstanta dielektrik dibuat rendah untuk meningkatkan medan limpaan yang berguna dalam radiasi.

### c. Groundplane

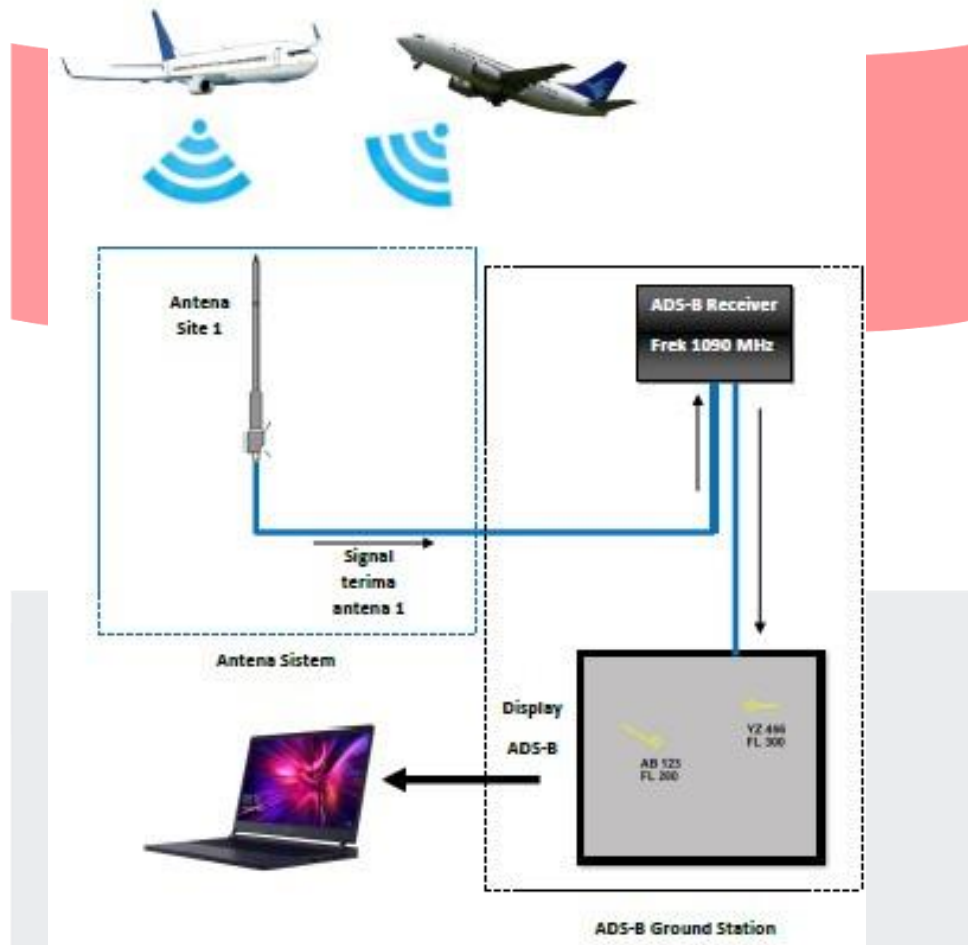
Lapisan paling bawah dari substrat dinamakan groundplane, yang memiliki bentuk geometris sederhana, misalkan lingkaran, persegi panjang, segitiga atau bentuk lain yang berfungsi sebagai reflektor untuk memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

Tujuan dari penyisipan *cut in* dalam *patch* ini adalah untuk menyesuaikan impedansi dari saluran terhadap patch tanpa memerlukan penambahan elemen penyesuai lainnya. Hal ini dapat dicapai dengan benar dengan melakukan kontrol yang tepat pada posisi salurannya. Hal ini merupakan skema pembuatan saluran yang mudah, karena memberikan kemudahan dan kesederhanaan dalam pemodelan serta penyesuaian impedansi. Namun dengan ketebalan dielektrik substrate yang digunakan, gelombang permukaan dan penyebaran radiasi saluran juga meningkat, yang dapat menghambat *bandwidth* dari antena. Radiasi saluran juga menghasilkan radiasi terpolarisasi yang tidak di gunakan [1]

### 3. Perancangan, Simulasi Dan Realisasi

#### 3.1 Skema Perancangan

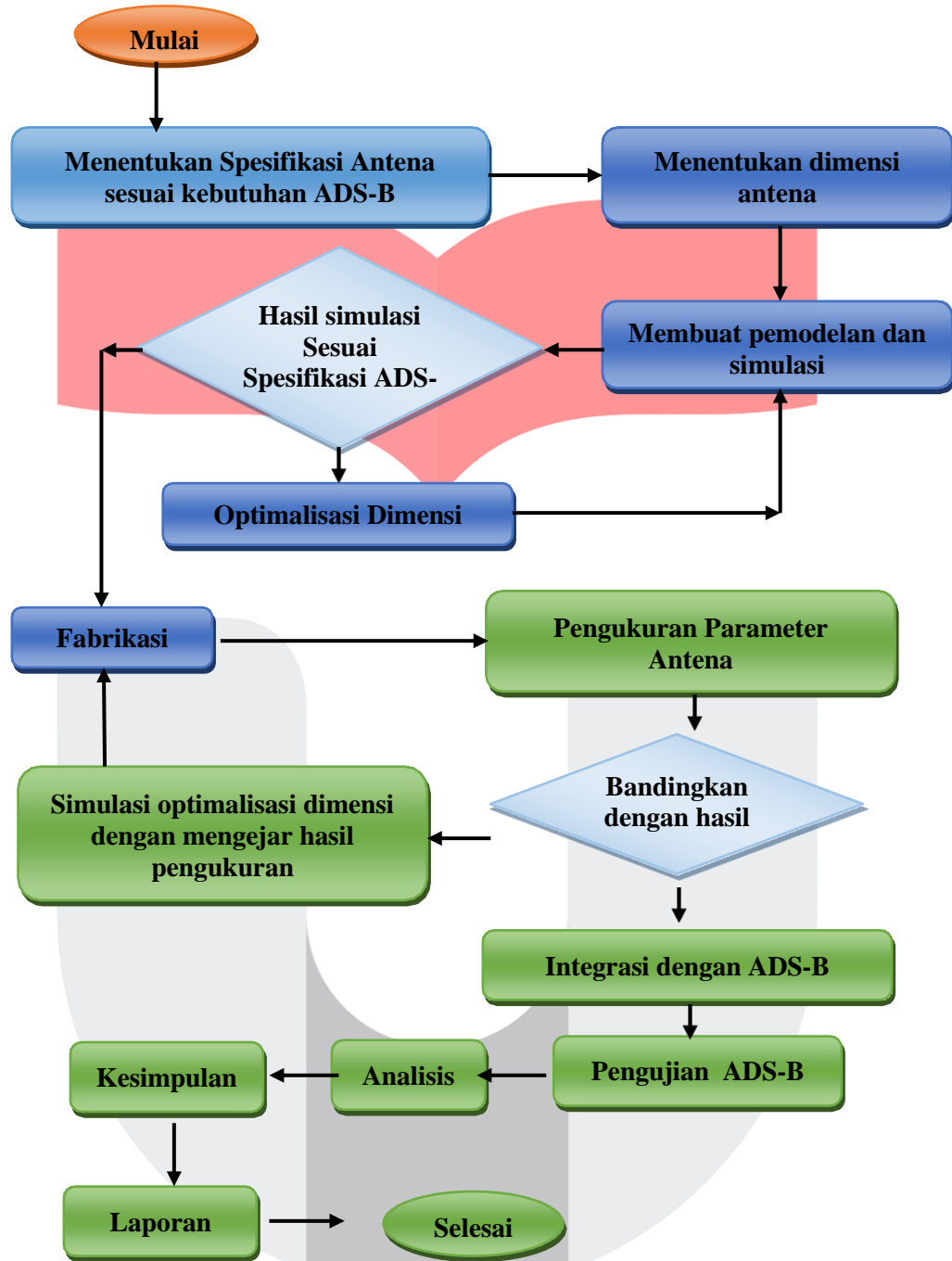
Konfigurasi Sistem antena yang akan digunakan pada pengujian ADS-B seperti gambar berikut:



Gambar 3.1 Skema Sistem Proyek akhir

Merancang antena *microstrip multi dipole* untuk aplikasi automatic dependent surveillance - broadcast receiver frekuensi 1090 mhz, agar dapat terealisasi maka memerlukan beberapa tahapan kerja, berikut adalah diagram

alir tahapan pengerjaan proyek akhir :



Gambar 3.2 Diagram Alir

### 3.2 Spesifikasi Antenna

Spesifikasi antenna yang diinginkan:

- Bahan Substrat : FR4 Epoxy
- Metode : Mikrostrip
- Frekuensi kerja : 1090 GHz
- Bandwidth : 20 MHz
- VSWR : < 2
- Return Loss : < -10
- Impedansi : 50 Ω
- Polarisasi : Linier Vertikal
- Pola Radiasi : Omnidireksional

### 3.3 Menggunakan jenis microstrip

#### 3.4 Menggunakan software CST Studio Suite 2019

Untuk perancangan dan simulasinya. Merancang antenna pasti menggunakan substrat, substrat ini mempengaruhi perancangan dan perhitungan didalam membuat antenna, maka dalam proposal proyek akhir ini substrat yang akan digunakan dalam perancangan antenna ini adalah FR4, memiliki spesifikasi substrat sebagai berikut:

- Permittivitas dielektrik bahan ( $\epsilon_r$ ) : 4.4
- Ketebalan : 1,6 mm per layer

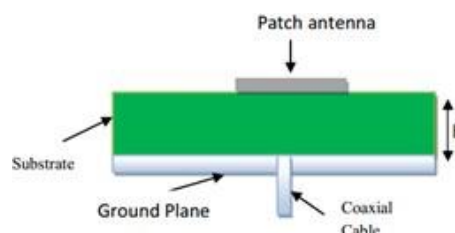
#### 3.5 Pemilihan Bahan Substrat, Groundplane dan Peradiasi

Bahan yang digunakan untuk lapisan ground plane dan Peradiasi adalah tembaga. Tembaga dipilih karena sifatnya yang mampu meradiasikan gelombang elektromagnetik cocok untuk lapisan Peradiasi dan tembaga juga mampu memantulkan gelombang elektromagnetik, sehingga cocok untuk lapisan ground plane yang fungsinya sebagai reflector gelombang elektromagnetik. Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) tembaga bernilai 1 dan memiliki ketebalan sebesar 0,035 mm.

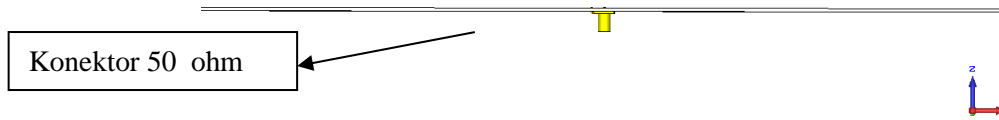
Untuk bahan substrat dielektrik ada berbagai macam jenis dan nilai permitivitas. Namun, substrat yang umum digunakan adalah yang nilai permitivitasnya  $2 \leq \epsilon_r \leq 12$ . Substrat yang baik adalah substrat yang memiliki nilai permitivitas kecil dengan dimensi yang tipis. Pada penelitian ini, akan digunakan substrat FR 4 dengan  $\epsilon_r = 4,4$  dan ketebalan 1,6 mm. FR 4 dipilih karena nilai permitivitasnya tidak terlalu besar, kompatibel untuk frekuensi 1090 MHz dan substrat mudah didapatkan.

#### 3.6 Teknik Pencatuan

Pada penelitian ini, antenna mikrostrip akan dicatu dengan teknik pencatuan microstrip line feed. Dengan menggunakan kabel Coaxial. Coaxial feeding merupakan salah satu teknik pencatuan yang mana konduktor dalam coaxialnya disematkan pada elemen peradiasi yang konduktor luarnya terhubung dengan ground plane. Keuntungan menggunakan coaxial feeding adalah pembuatan yang mudah, mudah dimatchingkan, dan kerugiannya bandwidthnya sempit serta sulit dimodelkan ketika substratnya sempit. dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.6 Sketsa Pencatuan Coaxial line (Insert Feed)



Gambar 3.4 Sketsa Pencatuan Coaxial line (Insert Feed) pada simulasi

**3.7 Perhitungan Dimensi**

Untuk mencari dimensi Peradiasi yang dirancang, menggunakan metode- metode sebagai berikut:

- a. Menentukan frekuensi tengah ( $f_c$ )

$$f_c = 1,09 \text{ GHz}$$

- b. Lamda Bahan ( $\lambda_0$ ) panjang gelombang merambat di Udara

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_c} = \frac{3 \times 10^8}{1,09 \times 10^9} = 0,275229 \text{ Meter} = 275,229 \text{ mm}$$

- c. Lamda Bahan ( $\lambda_d$ ) panjang gelombang merambat di Bahan

$$\lambda_d = \frac{c}{f_c} = \frac{3 \times 10^8}{1,09 \times 10^9 \sqrt{44}} = 0,08375 \text{ Meter} = 83,75 \text{ mm}$$

- d. Lebar Saluran Transmisi 50 ohm ( $W_f$ )

$$W_f = \frac{2 \times h}{\pi} \times [B - 1 - \ln(2B - 1)] + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \times [\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}]$$

Dimana :

$$B = \frac{60 \times \pi^2}{Z_0 \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{60 \times \pi^2}{50 \times \sqrt{44}} = 564$$

$$W_f = \frac{2 \times 16}{\pi} \times [564 - 1 - \ln(2 \times 564 - 1)] + \frac{44 - 1}{2 \times 44} \times [\ln(564 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{44}]$$

$W_f = 305 \text{ mm}$  (lebar Saltran)

Jika  $\frac{W_f}{h} > 1$  atau  $\frac{W_f}{h} < 1$

$$\frac{W_f}{h} > 1, \text{ Maka : } \epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \times \frac{h}{W_f}}}$$

$$\frac{W_f}{h} < 1, \text{ Maka } \epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \times \frac{h}{W_f}}} + 0,04 \times (1 - \frac{W_f}{2})$$

Karena  $\frac{W_f}{h} = \frac{305}{16} = 19,11$  adalah  $> 1$ , maka :



$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \frac{1}{\left[ \frac{\sqrt{1+12 \times \frac{h}{W_g}}}{h} \right]}$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{44+1}{2} + \frac{44-1}{2} \times \left[ \frac{1}{\frac{\sqrt{1+12 \times \frac{16}{44}}}{44}} \right]$$

$$\epsilon_{eff} = 321$$

**a. Panjang saluran transmisi 50 ohm (L<sub>F</sub>)**

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{275,229 \text{ mm}}{\sqrt{321}} = 153,58 \text{ mm}$$

$$l_f = \frac{\lambda_g}{4} = 3839 \text{ mm}$$

**b. Jarak antara elemen**

$$d = \frac{\lambda_d}{2} = \frac{131,21 \text{ mm}}{2} = 65,605 \text{ mm}$$

**c. Lebar Substrate**

$$W_g = 6h$$

$$W_g = 6 \times 16$$

$$W_g = 9,6 \text{ mm}$$

**d. Panjang Substrate**

$$L_g = 6h$$

$$L_g = 6 \times 16$$

$$L_g = 9,6 \text{ mm}$$

**e. Panjang Bahan Kabel Coaxial (λ<sub>X</sub>) panjang gelombang merambat di kabel**

$$\lambda_d = \frac{c}{fc} = \frac{3 \times 10^8}{1,09 \times 10^9 \sqrt{21}} = 0,189 \text{ Meter} = 189,926 \text{ mm}$$

$$\lambda_x = \frac{189,926 \text{ mm}}{4} = 47,481 \text{ mm}$$

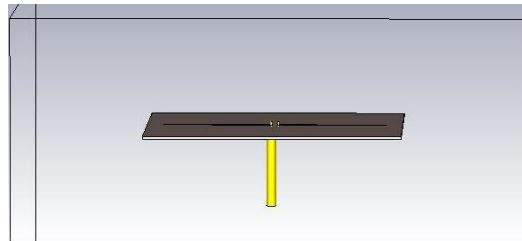
**3.8 Perencanaan Simulasi Antenna Menggunakan Software**

Untuk merealisasikan sebuah antena, diperlukan simulasi terlebih dahulu. Simulasi dilakukan dengan bantuan software CST Microwave Studio. Hal ini bertujuan mengetahui dimensi optimal suatu antena. Optimalisasi akan dilakukan jika hasil running berdasarkan dimensi awal hitungan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Optimalisasi dilakukan dengan cara mengubah bentuk, mengubah besaran parameter.

**3.9 Simulasi Hasil Perhitungan**

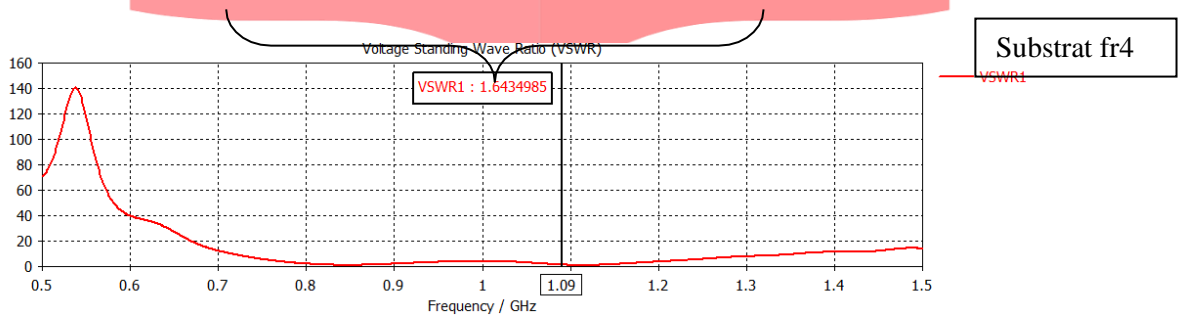


Pada tahap ini dibuat struktur antenna dari hasil perhitungan dan belum dilakukan optimalisasi. Disini masih melakukan simulasi sesuai hasil perhitungan perancangan antenna. Sehingga berdasarkan hasil perhitungan yang didapat.



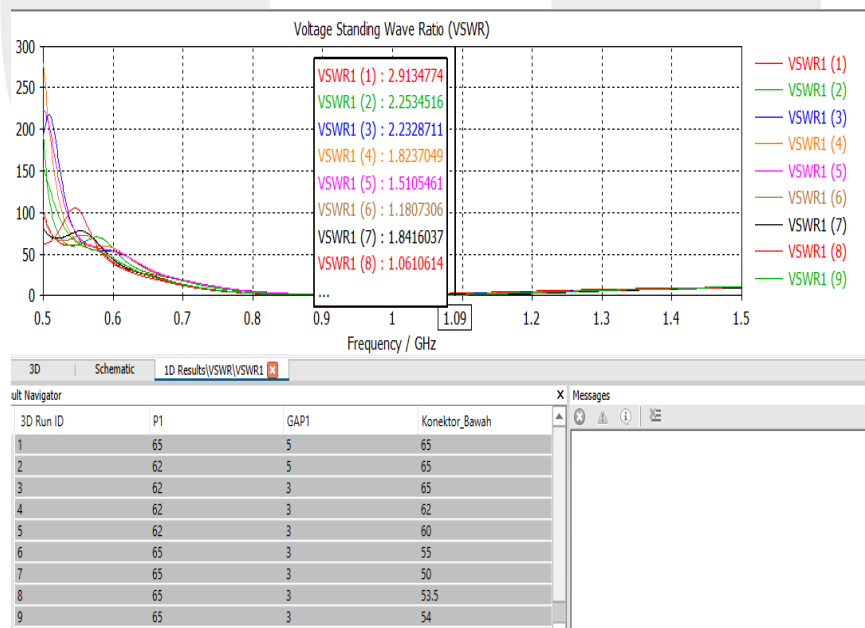
Gambar 3.9 Desain Antena Dipole 1

Berdasarkan hasil simulasi gambar 3.6 dengan dimensi yang di dapat dari hasil perhitungan menghasilkan nilai dari VSWR frekuensi tengah 1,09 GHz,telah didapatkan hasil yang bagus akan tetapi penulis masih ingin melakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

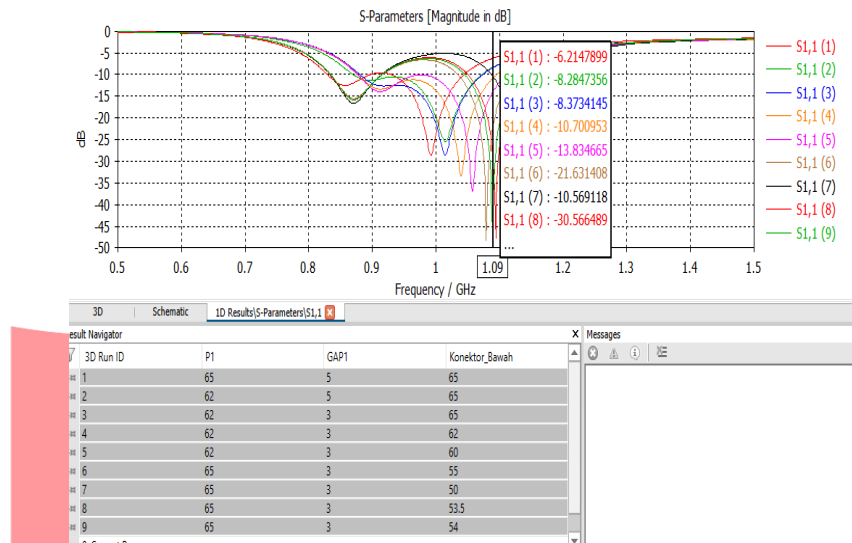


Gambar 3.10 Hasil VSWR dimensi awal satu Peradiasi

Tahapan berikutnya dilakukan optimalisasi yaitu dengan cara mengubah panjang dipole, jarak antar lengan dipole 1, dan konektor bawah untuk mendapatkan impedansi yang kecil dan berada ada posisi 50 ohm sehingga didapatkan nilai VSWR seperti Gambar 3.10.

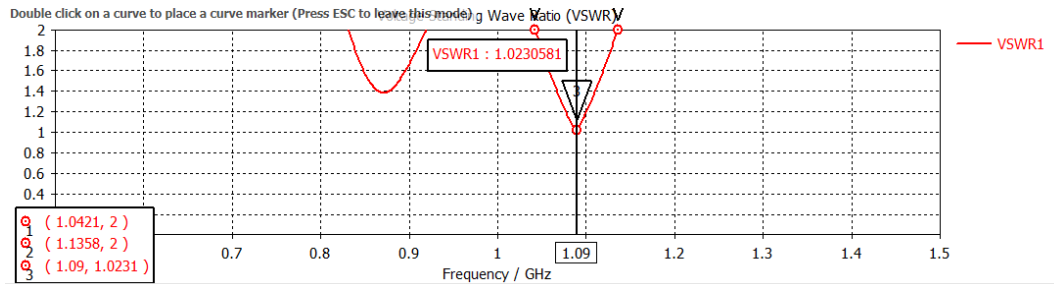


Gambar 3.11 optimalisasi VSWR penambahan panjang, jarak antar lengan, dan konektor bawah

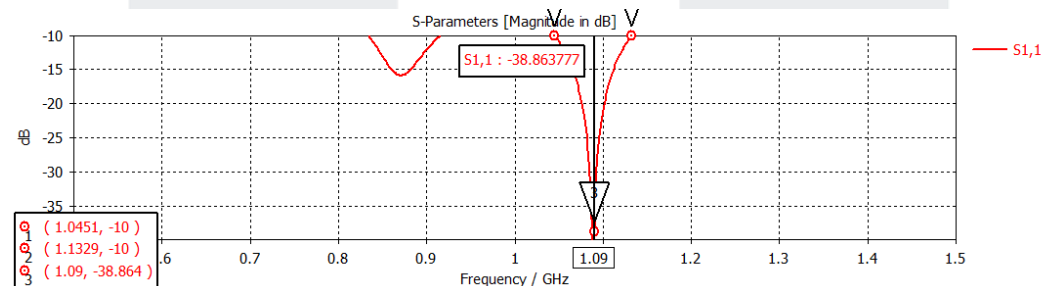


Gambar 3.12 optimalisasi Return Loss penambahan panjang, jarak antar lengan, dan konektor bawah

### 3.10 Optimisasi simulasi dipole 1



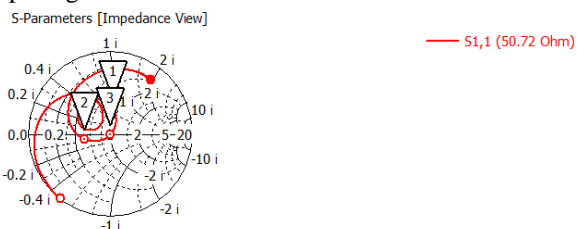
Gambar 3.13 optimisasi vswr dipole 1



Gambar 3.14 optimisasi return loss dipole 1

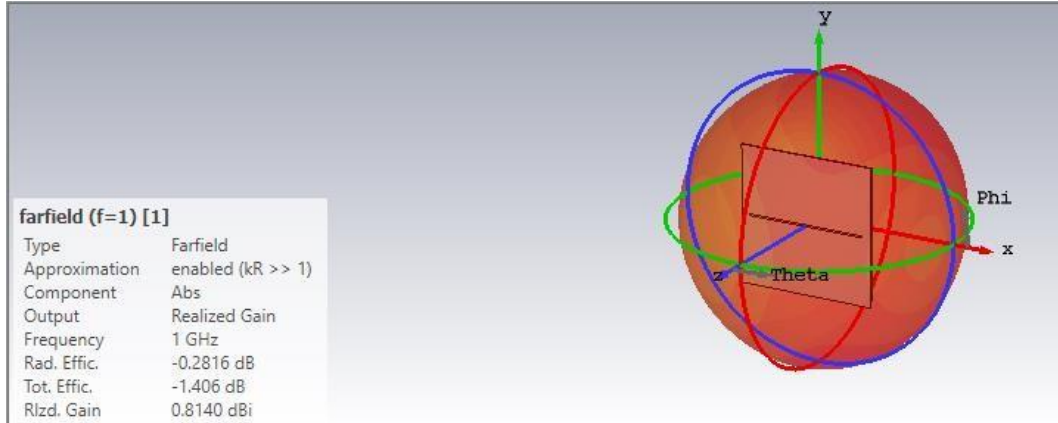
Dari Gambar 3.13 dan 3.14 terlihat bahwa dengan adanya peningkatan dari nilai *return loss* dan VSWR yang sesuai dengan harapan dan spesifikasi yang diinginkan. Nilai *return loss* yang didapat pada frekuensi 1,09 GHz sebesar -38,863777 dB dengan nilai VSWR 1,020581. Dengan nilai *return loss* dari *bandwidth*  $\pm 0,0878$  GHz dari frekuensi 1,1329 GHz sd 1,0451 GHz adalah batas -10 dB dengan VSWR 2. Dari simulasi di dapatkan bahwa impedansi yang dihasilkan sudah *matching* dengan nilai mendekati 50 Ohm, untuk hasil simulasi impedansi dapat dilihat pada gambar 3.15..

- 0.5 (0.411, -24.9) Ohm
  - 1.5 (24.4, 96.7) Ohm
- Frequency / GHz
- Q1 1.045119 ( 43.793275, 30.645785 ) Ohm
  - Q2 1.132864 ( 26.555024, -3.851117 ) Ohm
  - Q3 1.090000 ( 50.329868, -1.085252 ) Ohm



**Gambar 3.15 optimasi impedansi dipole 1**

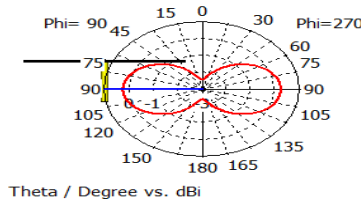
Impedansi yang di dapat pada frekuensi 1,09 GHz sebesar  $50,329868+j-1,085252$  Ohm dengan impedansi pada masing-masing batas *bandwidth* sebesar  $43,793275+30,645785$  Ohm dan  $26,555024 -3,851117$  Ohm.



**Gambar 3.16 hasil optimisasi gain dipole 1**

Dari gambar 3.14 dapat dilihat bentuk dari polaradiasi dan *Gain* yang dihasilkan dari simulasi rancangan antenna dipole satu yang sudah dibuat, *Gain* yang dihasilkan sebesar 0,8140 dBi. Untuk bentuk polaradiasi yang dihasilkan dari simulasi dapat di lihat pada gambar 3.15.

Farfield Realized Gain Abs (Phi=90)

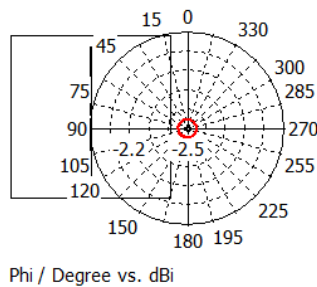


— farfield (f=1) [1]

Frequency = 1 GHz  
Main lobe magnitude = 0.225 dBi  
Main lobe direction = 90.0 deg.

**Gambar 3.17 hasil optimisasi polaradiasi phi 90 dipole 1**

Farfield Realized Gain Abs (Theta=0)



— farfield (f=1) [1]

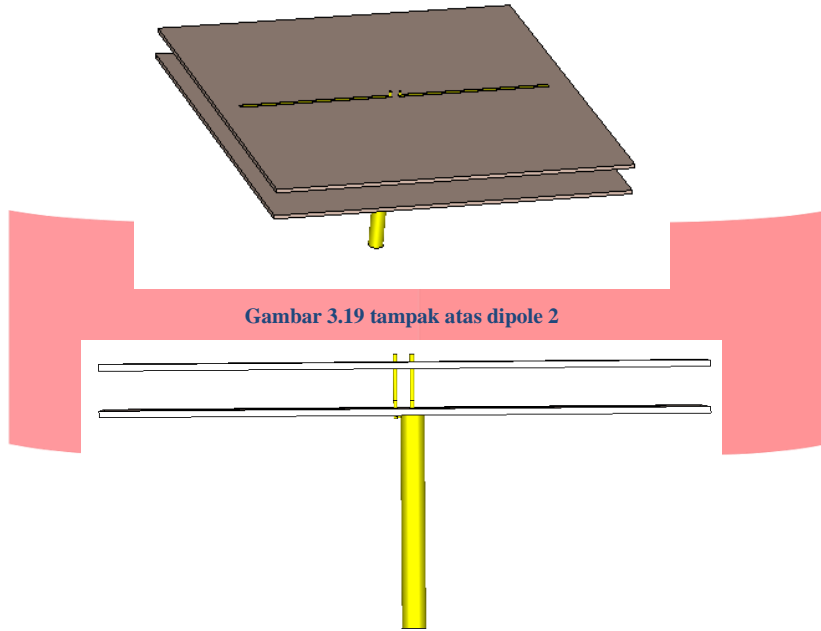
Frequency = 1 GHz  
Main lobe magnitude = -2.45 dBi

**Gambar 3.18 hasil optimisasi polaradiasi theta 0 dipole 1**

Gambar 3.15 merupakan hasil dari polaradiasi yang dihasilkan, gambar 3.16 merupakan hasil dari sumbu phi yang di putar 360° dengan theta pada posisi 0°, sehingga dapat hasil dari pemotongan polaradiasi ketika di potong pada posisi tengah dari sumbu theta. Gambar 3.16 merupakan hasil dari sumbu phi yang di putar 360° dengan phi pada posisi 90°, sehingga dapat hasil dari pemotongan polaradiasi ketika di potong pada posisi tengah dari sumbu phi.

**3.11 Simulasi dipole 2**

Perancangan antenna dipole untuk tahap awal dilakukan dengan melihat pengaruh dipole yang didapatkan dengan peningkatan array bertahap, dari multi dipole 2 sampai dengan multi dipole 4.

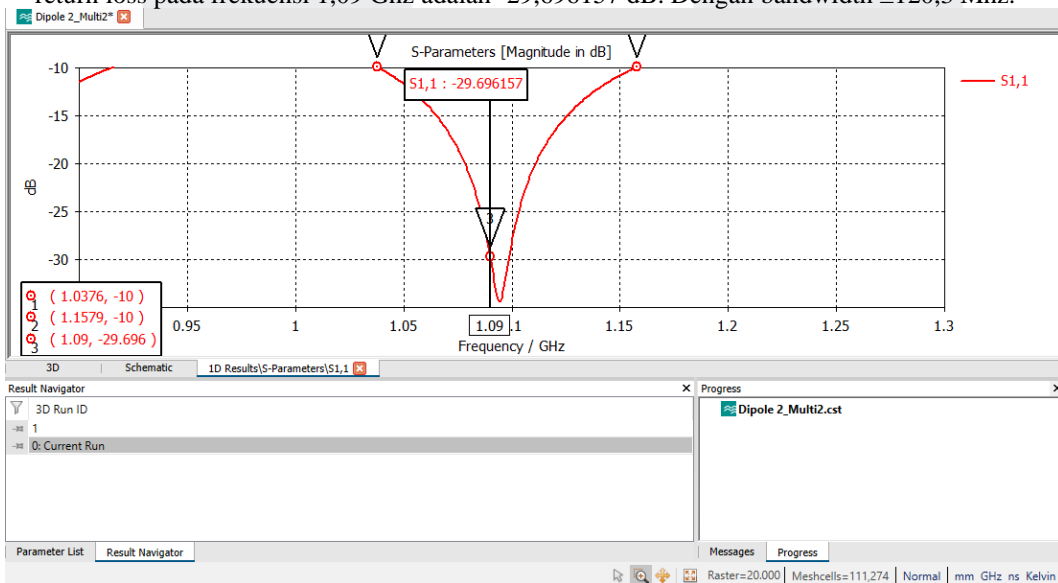


Gambar 3.19 tampak atas dipole 2

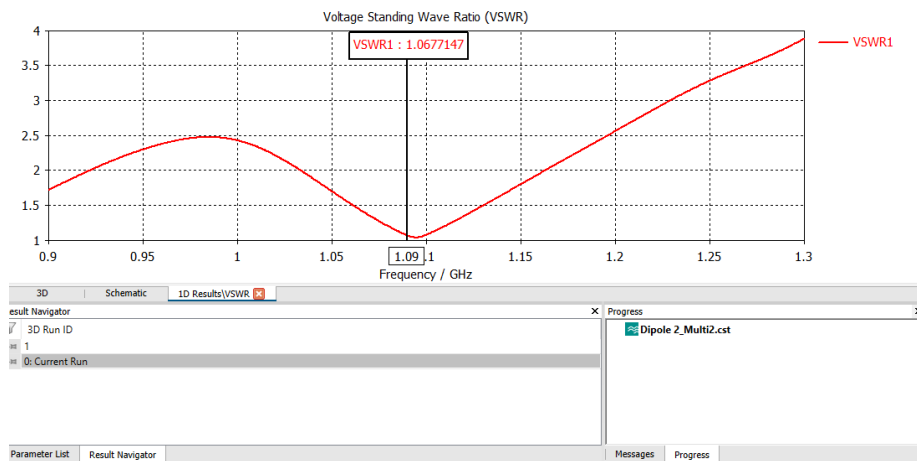


Gambar 3.20 tampak samping dipole 2

Setelah dilakukannya tranfus dari 1 dipole menjad 2 dipole kemudian dilakukan simulasi,berdasarkan hasil simulasi gambar 3.18 dengan dimensi yang di dapat dari hasil optimalisasi akhir dengan perhitungan dipole jarak antar elemen menghasilkan nilai dari VSWR frekuensi tengah 1,09 GHz sudah didapat nilai optimum dari batas yang diinginkan yaitu  $\leq 2$ , atau dari gambar 3.19 dapat dilihat nilai return loss sudah memenuhi spesifikasi dengan nilai return loss pada frekuensi 1,09 Ghz adalah -29,696157 dB. Dengan bandwidth  $\pm 120,3$  Mhz.

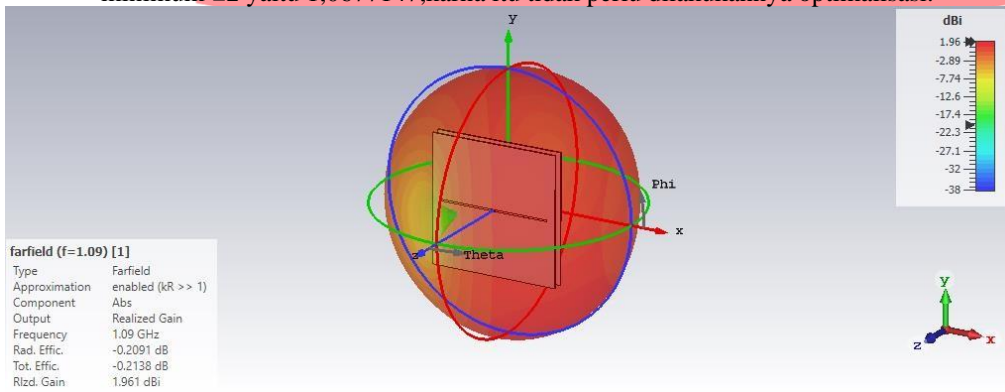


Gambar 3.20 hasil simulasi desain dipole 2



**Gambar 3.21** hasil vswr simulasi desain dipole 2

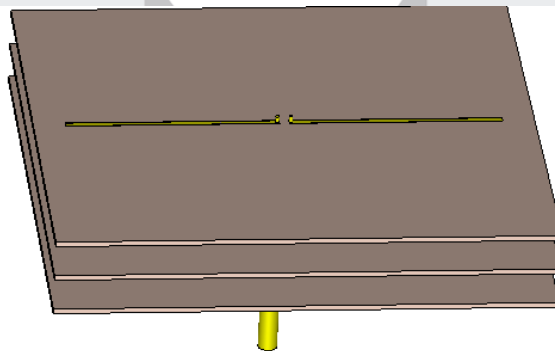
Dari gambar 3.20 dan gambar 3.21 dapat diketahui bahwa nilai return loss sudah memenuhi spesifikasi  $< -10$  yaitu  $-29,696157$  dB dan nilai vswr sudah mencukupi nilai spesifikasi minimum  $\leq 2$  yaitu  $1,0677147$ ,karna itu tidak perlu dilakukannya optimalisasi.



**Gambar 3.22** hasil gain

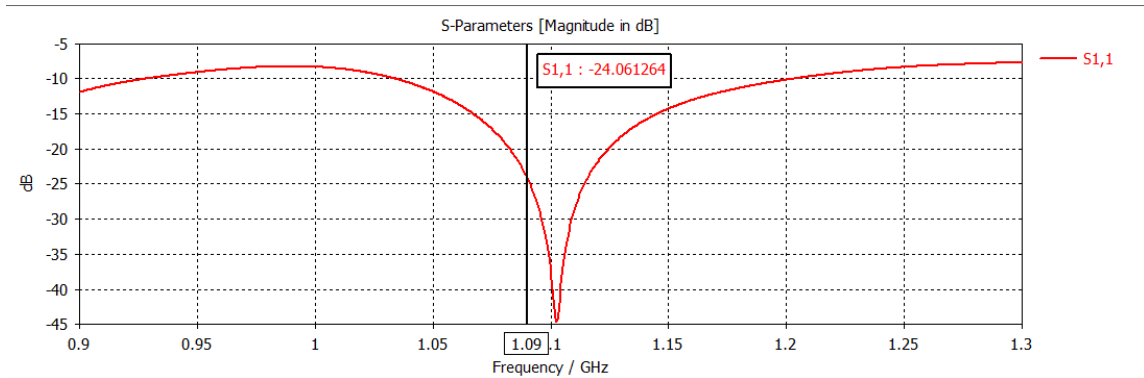
Pada gambar 3.21 dapat dilihat setelah dilakukan penggabungan dan optimalisasi pada dipole 2 didapat nilai gain yang sudah lumayan bagus akan tetapi penulis ingin memaksimalkan nilai gain oleh karna itu dilakukan penambahan dipole menjadi 3 dipole.

**3.12. Simulasi dipole 3**



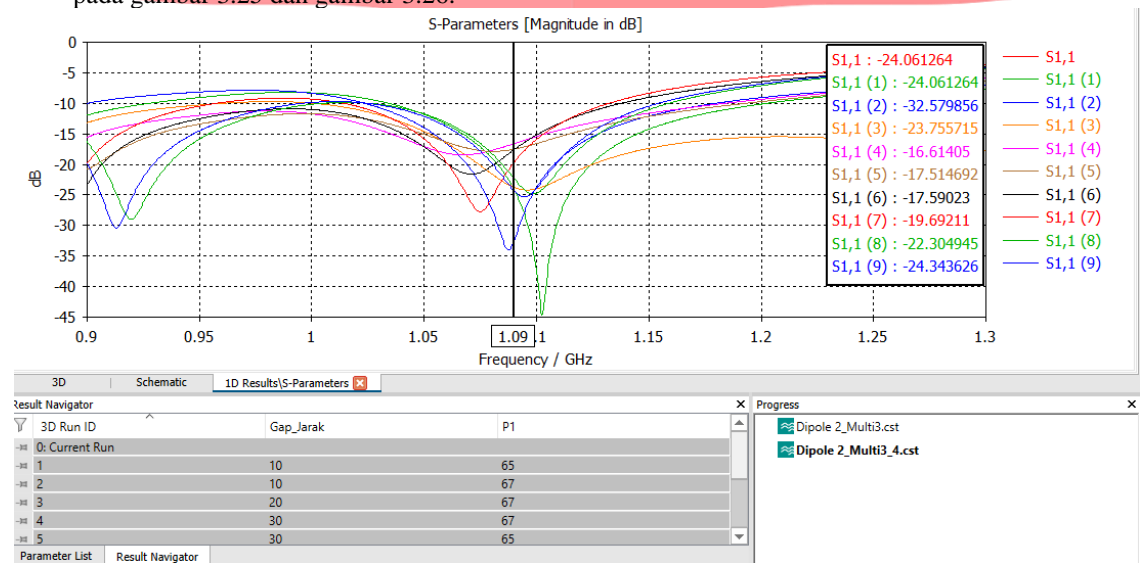
**Gambar 3.23** tampak atas desain dipole 3

Berdasarkan hasil simulasi gambar 3.22 dengan dimensi yang di dapat dari hasil penggabungan dipole 2 dengan penambahan gap jarak antar elemen menghasilkan nilai dari VSWR frekuensi tengah 1,09 GHz masih belum optimum dari batas yang diinginkan yaitu  $\leq 2$ , atau dari gambar 3.23 dapat dilihat nilai return loss sudah lumayan bagus yaitu  $-24,061264$  akan tetapi penulis masih menginginkan hasil yang lebih oleh karna itu penulis melakukan optimasi lagi terhadap GAP jarak dan Panjang dipole.

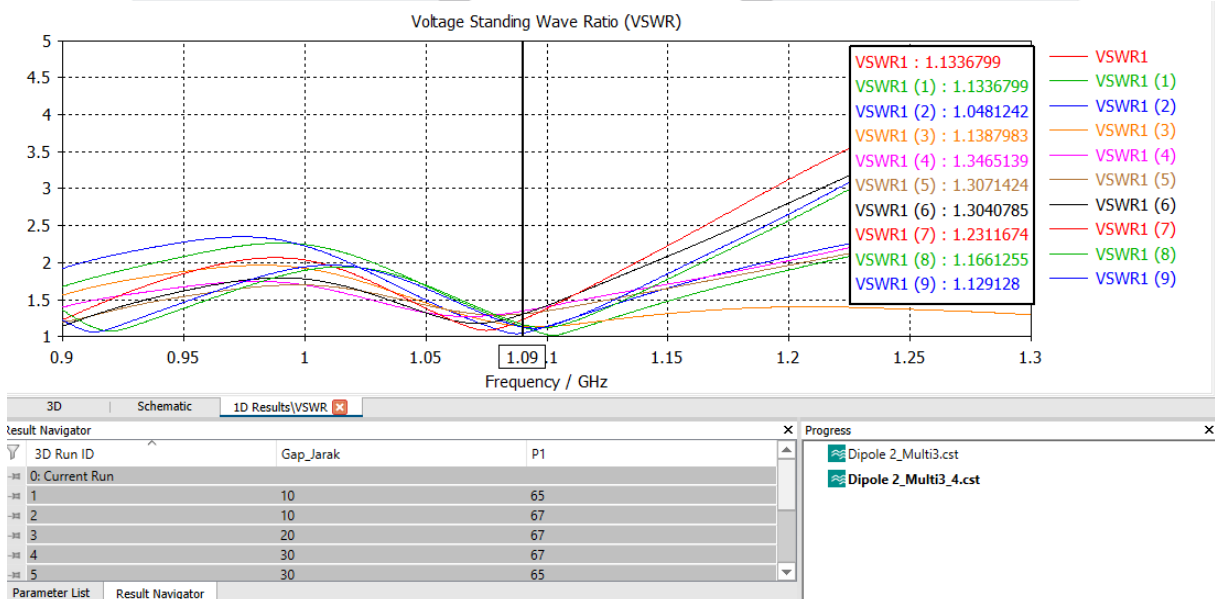


Gambar 3.24 nilai return loss awal multi dipole 3

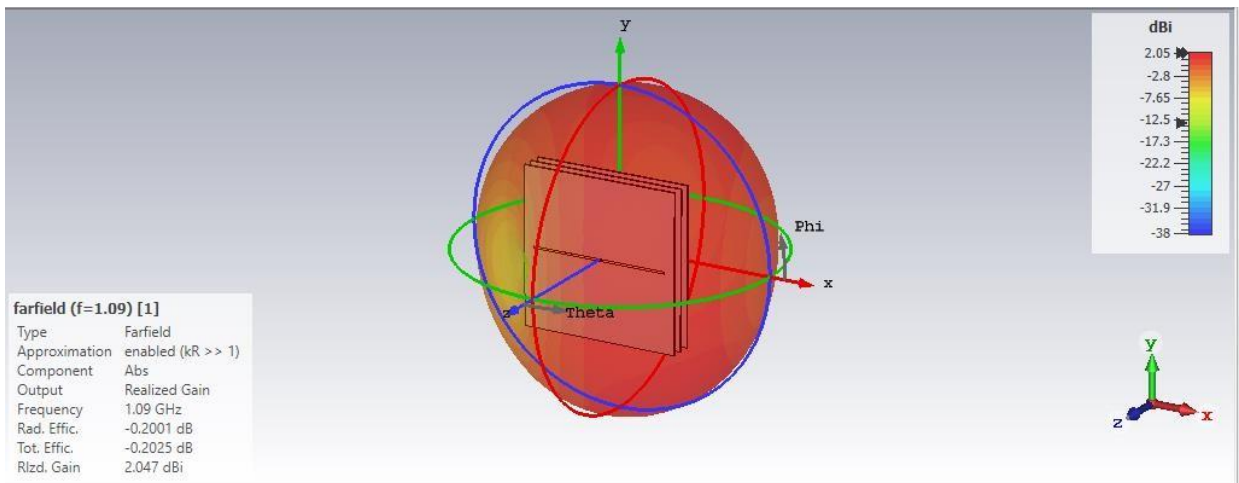
Tahapan berikutnya dilakukan optimalisasi, dalam hal ini dilakukan dengan cara melakukan percobaan penambahan panjang dipole dan GAP jarak, proses optimalisasi dapat dilihat pada gambar 3.25 dan gambar 3.26.



Gambar 3.25 proses optimalisasi return loss dipole 3

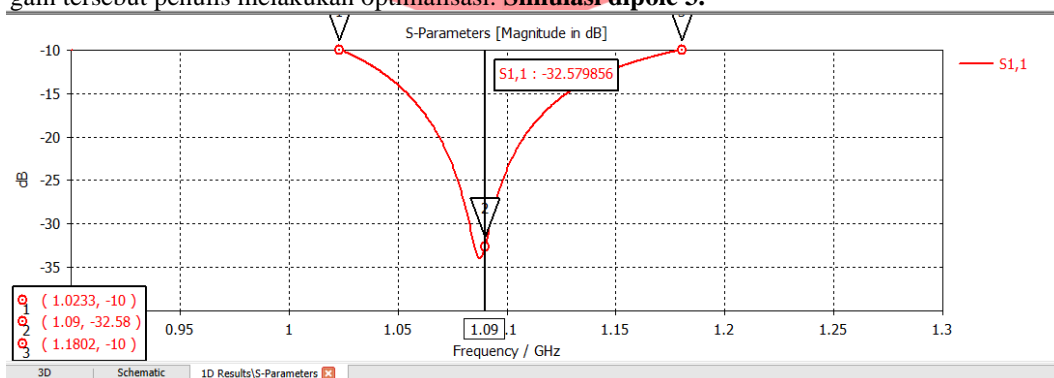


Gambar 3.26 proses optimalisasi vswr dipole 3

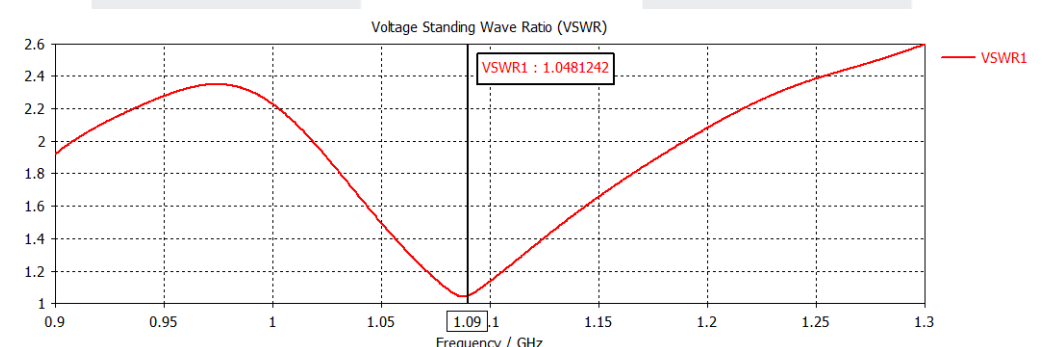


Gambar 3.27 proses optimalisasi gain dipole 3

Pada gambar 3.27 dapat dilihat setelah dilakukan penambahan dipole menjadi multi dipole 3 dapat dilihat nilai gain meningkat dan sudah lumayan bagus namun agar dapat memaksimalkan nilai gain tersebut penulis melakukan optimalisasi. **Simulasi dipole 3.**



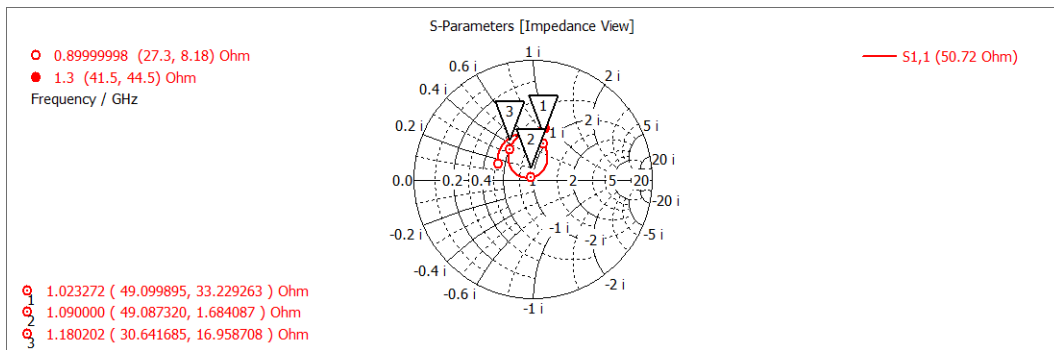
Gambar 3.28 hasil return loss optimalisasi dipole 3



Gambar 3.29 hasil vswr optimalisasi dipole 3

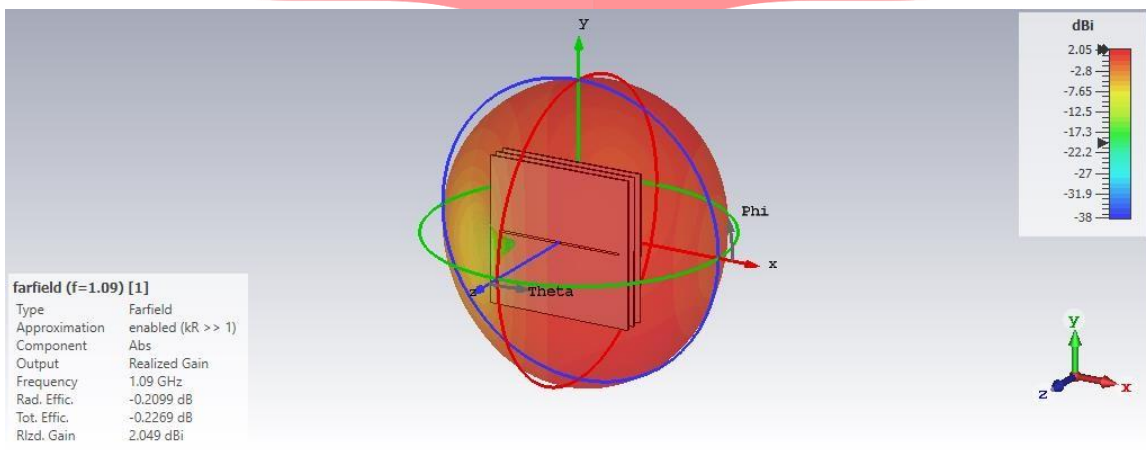
Dari Gambar 3.28 dan 3.29 terlihat bahwa dengan adanya peningkatan dari nilai *return loss* dan VSWR yang sesuai dengan harapan dan spesifikasi yang diinginkan. Nilai *return loss* yang didapat pada frekuensi 1,09 GHz sebesar -32,8 dB dengan nilai VSWR 1,0481242. Dengan nilai *return loss* dari *bandwidth*  $\pm 156,9$  MHz dari frekuensi 1,1802 GHz sd 1,0233 GHz adalah batas -10 dB dengan VSWR 2. Dari simulasi di dapatkan bahwa impedansi yang dihasilkan sudah matching dengan nilai mendekati 50 Ohm, untuk hasil simulasi impedansi dapat dilihat pada gambar 3.30.





Gambar 3.30 hasil impedansi optimalisasi dipole 3

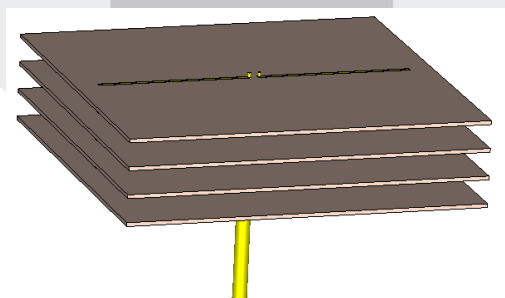
Impedansi yang di dapat pada frekuensi 1,09 GHz sebesar  $49,087320+j1,684087$  Ohm dengan impedansi pada masing-masing batas *bandwidth* sebesar  $49,099895+j33,229263$  Ohm dan  $30,641685+j16,958708$  Ohm.



Gambar 3.31 hasil gain optimalisasi dipole 3

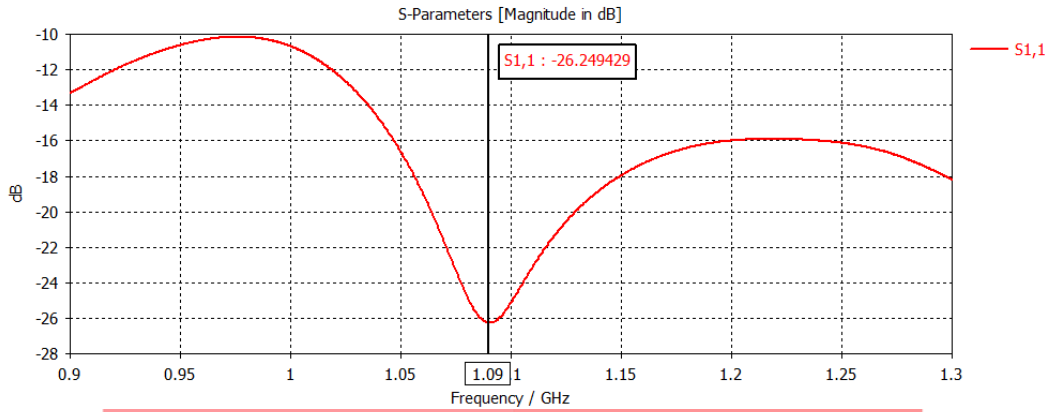
Pada gambar diatas dapat dilihat setelah dilakukannya optimalisasi terjadi peningkatan kecil pada gain namun penulis masih menginginkan hasil yang lebih baik oleh karena itu penulis melakukan penambahan dipole menjadi 4 dipole.

### 3.13 Simulasi dipole 4

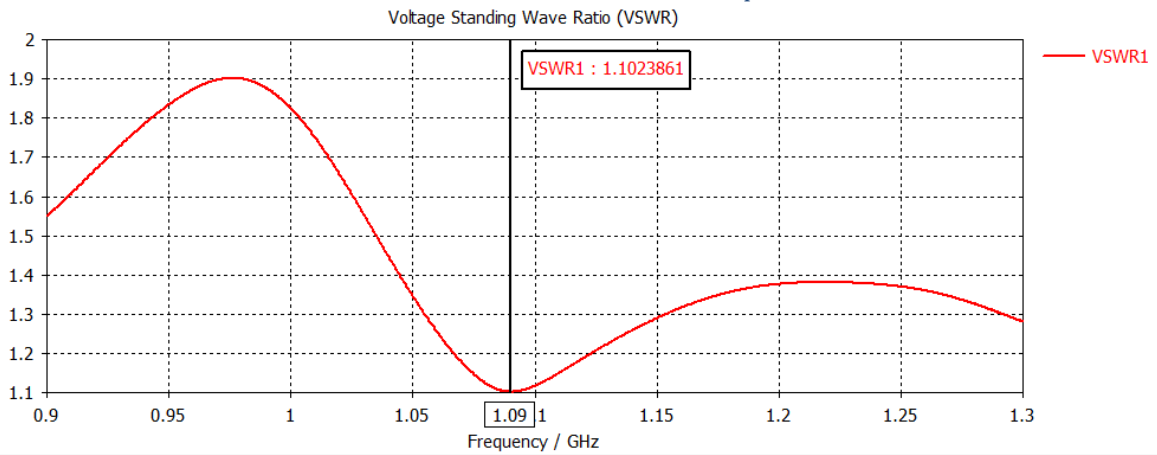


Gambar 3. 32 tampak atas desain dipole 4

Berdasarkan hasil simulasi gambar 3.33 dimensi yang di dapat dari hasil optimalisasi akhir dengan perhitungan GAP menghasilkan nilai dari VSWR frekuensi tengah 1,09 GHz sudah memenuhi nilai minimum tetap dilakukan optimalisasi karna ini merupakan desain akhir agar mendapatkan nilai yang lebih baik.

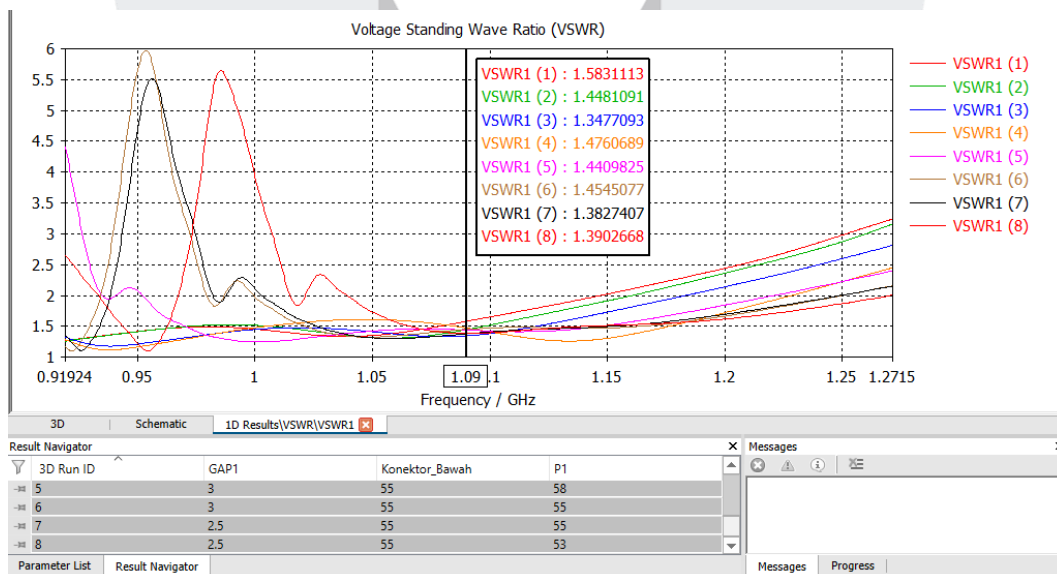


Gambar 3.33 Hasil simulasi return loss dipole 4

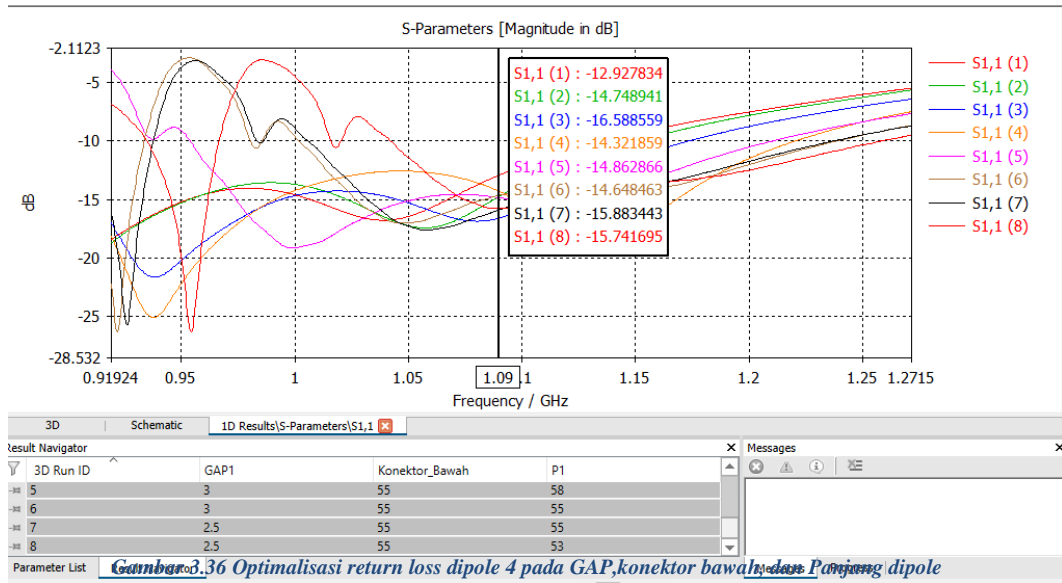


Gambar 3.34 Hasil simulasi VSWR dipole 4

Tahapan berikutnya dilakukan optimalisasi dengan cara melakukan optimalisasi pada saluran transmisi dan panjang dipole serta GAP, hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang paling baik.

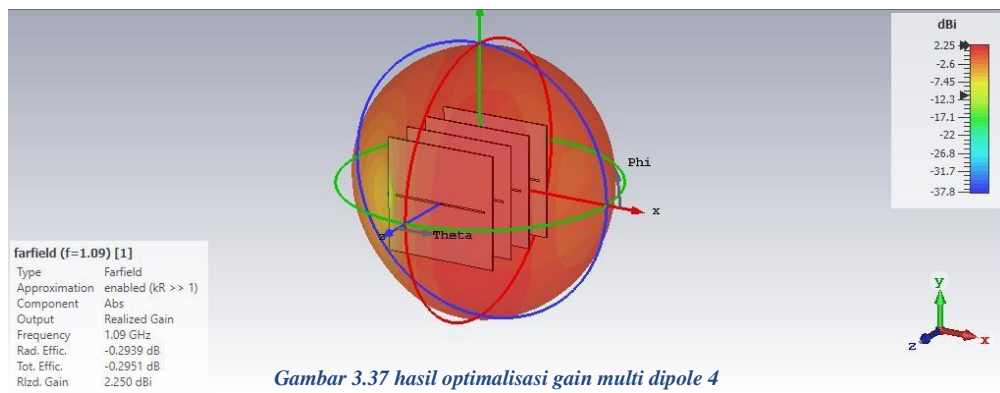


Gambar 3.35 Optimalisasi VSWR dipole 4 pada GAP,konektor bawah,dan Panjang dipole



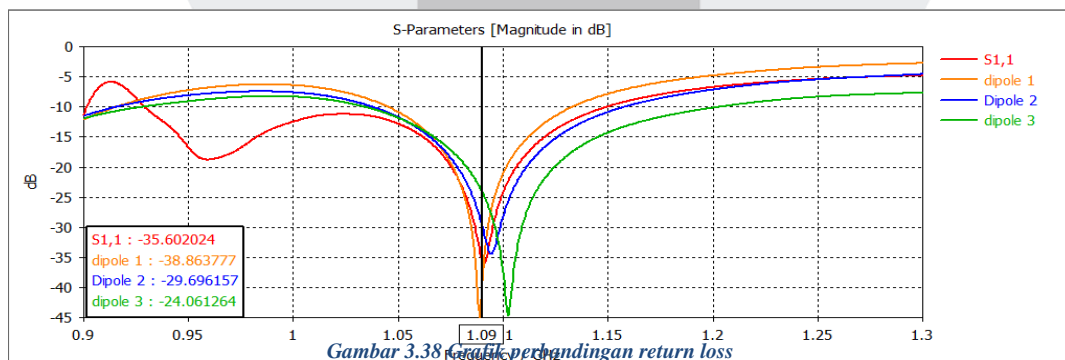
Gambar 3.36 Optimalisasi return loss dipole 4 pada GAP,konektor bawah, dan Panjang dipole

Dari Gambar 3.35 dan Gambar 3.36 terlihat bahwa adanya perubahan GAP,konektor bawah dan Panjang dipole dapat dilihat ada perubahan pada return loss dan vswr perubahan ini dimaksudkan untuk mendapatkan hasil yang paling baik.

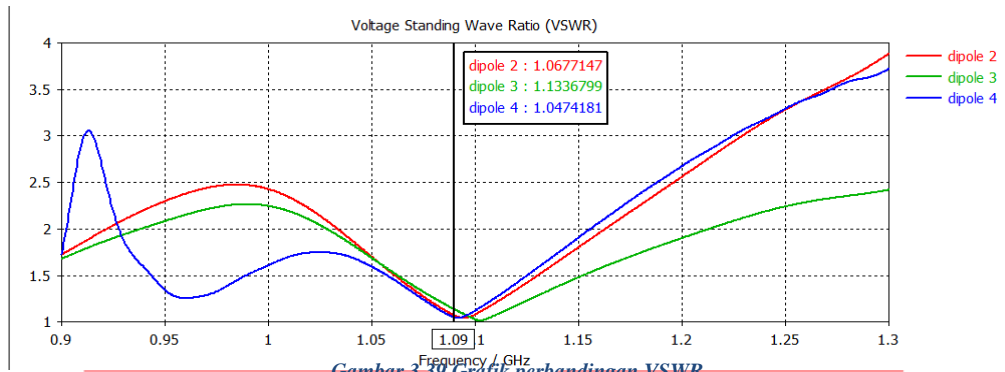


Gambar 3.37 hasil optimalisasi gain multi dipole 4

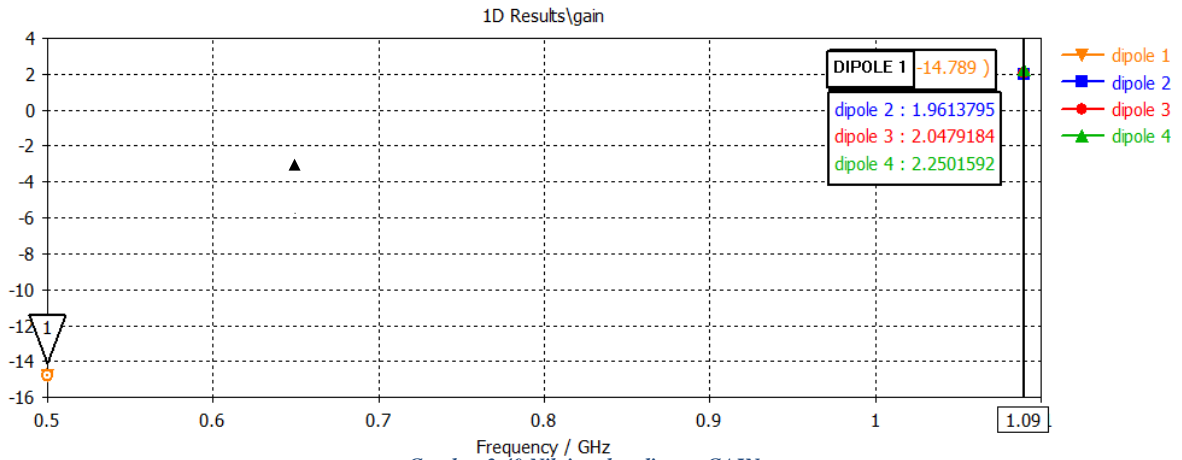
Pada gambar 3.37 ini merupakan optimalisasi terakhir,dapat dilihat nilai gain mengalami peningkatan dan menurut penulis nilai ini sudah cukup untuk dilakukannya realisasi.



Gambar 3.38 Grafik perbandingan return loss



Gambar 3.39 Grafik perbandingan VSWR



Gambar 3.40 Nilai perbandingan GAIN

Dari ketiga gambar diatas dapat dilihat bahwa terdapat penurunan dan kenaikan nilai akan tetapi sesuai spesifikasi dan nilai minimum parameter antenna yang diharapkan maka nilai akhir yang didapat sudah sangat memuaskan dan mencukupi untuk di fabrikasikan dengan nilai mikrostrip multi dipole 4 yaitu *return loss*:-35.602024,*vswr*:1.0474181,dan nilai *gain*:2.2501592

#### 4 Pengujian dan Analisis

##### 4.1 Realisasi Antena Mikrostrip Multi Dipole

Setelah dilakukan perhitungan dan perancangan, dilakukan langkah selanjutnya yaitu simulasi dengan menggunakan software CST Studio Suite 2019. Apabila hasil simulasi belum memenuhi spesifikasi awal antenna yang diharapkan maka dilakukan langkah optimasi guna mendapatkan hasil yang diinginkan sesuai spesifikasi antenna yang diinginkan. Setelah mendapatkan hasil yang diinginkan, maka langkah selanjutnya ialah pabrikan untuk merealisasikan antenna yang telah disimulasikan. Pada gambar 4.1 merupakan hasil dari pabrikan antenna yang telah disimulasikan sebelumnya.



Gambar 4.1 Hasil pabrikan antenna

## 4.2 Pengukuran Antens

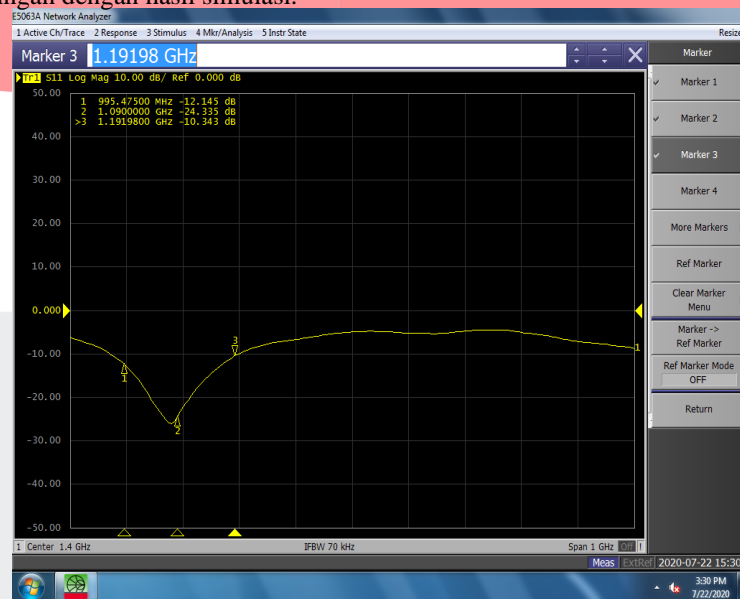
Pengukuran antenna dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik antenna yang telah dirancang dan dipabrikan. Selain itu pengukuran juga dilakukan untuk mengetahui apakah antenna yang dipabrikan memiliki karakteristik yang sesuai dengan spesifikasi awal yang ditentukan. Kemudian hasil pengukuran dibandingkan dengan simulasi lalu dianalisa hasil perbandingannya.

### 4.2.1 Pengukuran *Return Loss*, *VSWR*, Impedansi

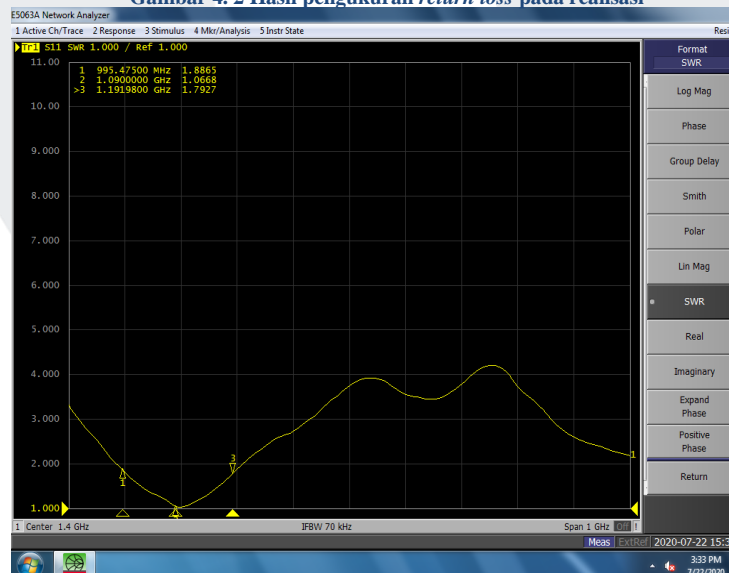
Pengukuran antenna dilakukan di alat ukur Network Analyzer. Langkah-langkah dalam pengukuran medan dekat (nearfield):

- Lakukan kalibrasi Network Analyzer dan kabel coaxial menggunakan calibration kit yang tersedia.
- Hubungkan antenna yang akan diukur ke network analyzer
- Tekan tombol format kemudian tekan logmag untuk mengetahui nilai return loss, SWR untuk mengetahui nilai *VSWR*, dan smith chart untuk mengetahui impedansi masukan
- Tekan tombol stop kemudian marker pada frekuensi yang diinginkan e. Catat hasil pengukuran.

Berikut di bawah ini merupakan hasil pengukuran return loss, *VSWR* dan bandwidth serta perbandingan dengan hasil simulasi.



Gambar 4.2 Hasil pengukuran *return loss* pada realisasi



Gambar 4.3 Hasil pengukuran *vswr* pada realisasi



Gambar 4.4 Hasil pengukuran impedansi pada realisasi

Pada Gambar 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa antenanya yang diukur dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 1,09 GHz.

#### 4.2.2 Pengukuran Gain

Pengukuran *gain* antenna pada proyek akhir ini dilakukan di ruangan *Anechoic Chamber* untuk mendapatkan hasil pengukuran yang baik. Dimana di ruangan *Anechoic Chamber* ini sudah terdapat antenna referensi yang sudah terhubung dengan alat ukur *Spectrum Analyzer Receiver (Rx)*. Sedangkan antenna mikrostrip yang sudah di pabrikan digunakan sebagai antenna pemancar (Tx). Jarak antara antenna pengirim dan penerima sebesar 1 meter. Adapun parameter yang terdapat di ruangan *Anechoic Chamber* sebagai berikut:

- Pt ( Power Transmite) = 0 dB
- Pr ( Power Receive) = -33,73381979
- LSt (Loss Kabel) = - 0,5 dB
- GAt (Gain Antena Transmite) = 10.5 dB
- FSL (D) = -41,15733013 dB
- GAr (Gain Antena Receive) = 2.07689654 dB
- LSr (Loss Kabel) = - 0,5 dB

Untuk melakukan pengukuran *gain* pada antenna diperlukan nilai maksimum main lobe pada pengukuran polaradiasi. Pengukuran *gain* menggunakan metode perbandingan *gain* antenna *link budget*

| Pengukuran Gain ..... GHz |                   |                  |
|---------------------------|-------------------|------------------|
| Sampel Pengukuran         | Daya Terima (dBm) | Daya Terima (mW) |
| 1                         | -33.98            | 0.000399945      |
| 2                         | -33.77            | 0.000419759      |
| 3                         | -33.09            | 0.000490908      |
| 4                         | -33.92            | 0.000405509      |
| 5                         | -33.82            | 0.000414954      |
| 6                         | -33.91            | 0.000406443      |
| 7                         | -33.87            | 0.000410204      |
| 8                         | -33.78            | 0.000418794      |
| 9                         | -33.55            | 0.00044157       |
| 10                        | -33.72            | 0.00042462       |
| Rata-rata                 | -33.73381979      | 0.000423271      |

Gambar 4. 5 Rata-rata gain

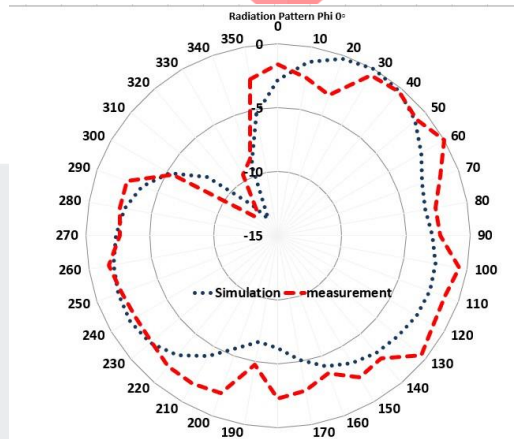
|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Pt (Power Transmite) =        | 0 dB            |
| Pr (Power Receive) =          | -33.73381979 dB |
| LSt (Loss Kabel) =            | -0.5 dB         |
| GAt (Gain Antena Transmite) = | 10.5 dB         |
| FSL (D) =                     | -41.15733013 dB |
| GAr (Gain Antena Receive) =   | 2.076489654 dB  |
| LSr (Loss Kabel) =            | -0.5 dB         |

Gambar 4.6 Gain

| No | Parameter  | Simulasi  | Pengukuran |
|----|------------|-----------|------------|
| 1  | Gain (dBi) | 2,250 dBi | 2,076 dBi  |

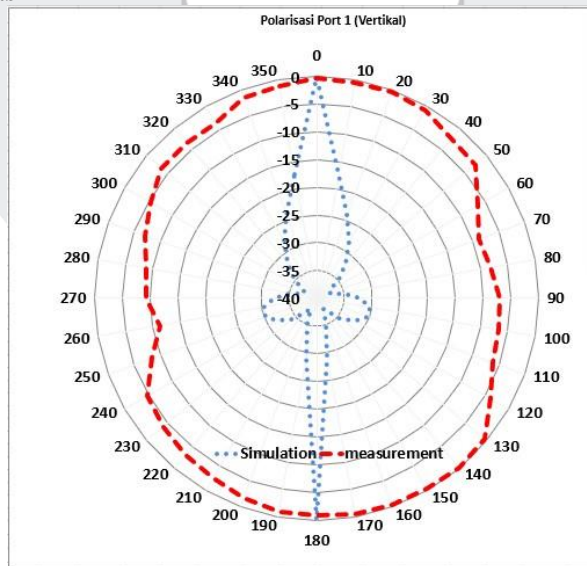
Tabel 4.2 Nilai gain simulasi dan pengukuran

4.2.3 Pengukuran Polaradiasi



Gambar 4.7 Polaradiasi azimuth

4.2.4 Pengukuran Polarisasi



Gambar 4.8 Polarisasi port 1(vertical)

4.2.5 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi

| Parameter | Simulasi  | Pengukuran |
|-----------|-----------|------------|
| VSWR      | 1,0337439 | 1,06668    |



|                    |                 |                  |
|--------------------|-----------------|------------------|
| <i>Return Loss</i> | -35,602021 dB   | -24,335 dB       |
| Polarisasi         | Linier          | Linier           |
| <i>Gain</i>        | 2,250 dBi       | 2,0764 dBi       |
| Polaradiasi        | Omnidireksional | Omnidireksional  |
| <i>Bandwidth</i>   | $\pm 2478$ MHz  | $\pm 195,53$ MHz |

## a. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi perancangan serta pengukuran antenna mikrostrip multi dipole dengan frekuensi kerja pada 1,09 GHz, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbedaan hasil pabrikan dan simulasi disebabkan beberapa faktor diantaranya adalah faktor bahan substrat antenna dan jenis konektor yang digunakan pada pabrikan juga dapat mempengaruhi perbedaan antara simulasi dengan pabrikan.
2. Nilai *gain* yang didapat dari hasil simulasi antenna mikrostrip *multi dipole* yaitu sebesar 2,250 dBi, namun pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *gain* adalah 2,0674 dBi. Nilai *gain* dari pengukuran menurun dibandingkan dengan simulasi yang telah dibuat.
3. Polaradiasi yang didapat pada hasil pengukuran tidak berbeda dengan hasil simulasi. Pada simulasi didapatkan polaradiasi *omidireksional*, sedangkan pada hasil pengukuran didapatkan polaradiasi *omnidireksional*.
4. Nilai VSWR pengukuran adalah 1,0337439 sedangkan pada simulasi adalah 1,06668. Nilai yang didapatkan tidak jauh berbeda dan juga masih masuk dalam nilai VSWR yang dapat digunakan yaitu  $VSWR \leq 2$ .
5. Nilai *return loss* pengukuran tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil simulasi, pada simulasi nilai *return loss* didapat -35,602021 dB, namun pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *return loss* adalah -24,335 dB.
6. Nilai polarisasi yang didapatkan pada simulasi dan pengukuran antenna mikrostrip *multi dipole* yaitu polarisasi linier. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan,
7. Nilai *bandwidth* yang didapatkan pada hasil pengukuran menurun dibandingkan dengan hasil simulasi. Pada simulasi adalah  $\pm 2478$  MHz, namun pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *bandwidth* adalah  $\pm 195,53$  MHz.

### 5.2 Saran

Pada Proyek Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat kekurangan dengan harapan untuk peneliti selanjutnya mendapatkan hasil kinerja antenna yang lebih optimal. Adapun saran penulis untuk pengembangan lanjutan proyek akhir ini:

1. Jenis substrat mungkin dapat diganti dengan yang lebih baik lagi agar dapat menghasilkan karakteristik antenna yang lebih optimal.
2. Kualitas bahan timah dan bahan konektor yang digunakan dapat mempengaruhi hasil pengukuran.

## REFERENSI

- [1] Th 10 Air Navigation Conference, Montreal.
- [2] B. S. Ali, "System Specifications for Developing an Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Monitoring System," *Int. J. Crit. Infrastruct. Prot.*, p. 2, 2015.
- [3] A. Abdulaziz, A. S. Yaro, A. A. Adam, M. T. Kabir, and H. B. Salau, "Optimum Receiver for Decoding Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) Signals," *Am. J. Signal Process.*, pp. 23–31, 2015.
- [4] R. Garg, *Microstrip Antenna Design Handbook*. Artech House, 2001.
- [5] J. Wiley and Sons, *Antenna Theory Second Edition*. C. A. Balanis, 1938.
- [6] Ristekdikti, "Sistem Pemantau Penerbangan Nir Radar Berbasis ADS-B Buatan dalam Negeri," *Kementrian Ris. Teknol. dan Pendidik. Tinggi*, 2016.
- [7] D. G. Fang, "Antenna Theory and Microstrip Antennas," 2017.
- [8] Essa Alkautsar Suteja, *Perancangan Antena Mikrostrip untuk Penerima Sinyal ADS- B Pada Satelit Nano*, Bandung: Universitas Telkom, 2018.
- [9] H. D. B. Islam, "Rancangan Antena RTL-SDR R820T2 Untuk Receiver Automatic Dependent Surveillance Broadcast Guna Meningkatkan Pelayanan Navigasi Penerbangan di Bandar Udara Internasional Lombok", Program Studi Teknik Navigasi Udara, Jurusan Teknik Penerbangan Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia.
- [10] THALES. 2007. *Technical Manual ADSB ground station AS680/682 and RCMS*. Stuttgart.
- [11] J. D. Krauss, *Antennas.*, united states: Wiley Inter Science, 1998.
- [12] C. A. Balanis, *Antena Theory Analysis and Design 3rd Edition*. United Science, Wiley Inter Science, 2005.
- [13] Yussi Perdana Saputera, dkk, "[Small antenna using transmission line uniform for X- band navigation radar](#)", 2015 International Workshop on Antenna Technology, iWAT 2015 vol. , 23 December 2015.
- [14] Yussi Perdana Saputera, dkk, *Proceedings of 2014 8th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applicati* vol. , 23 March 2015.
- [15] Yussi Perdana Saputera, dkk, "[Compact power combiner integrated with coupler and microstrip cavity filter for x-band surveillance radar](#)", *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)* vol. 15, March 2017.



