

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Detail Konstruksi dan Parameter pada Helical Antena

Untuk membuat sebuah antena, diperlukan spesifikasi agar antena dapat bekerja sesuai tujuan dari pembuatan antena itu sendiri. Spesifikasi antena yang akan dibuat ialah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Spesifikasi Antena

Frekuensi Kerja	5.8 GHz
<i>Bandwidth</i>	> 500 MHz
VSWR	< 2
S-parameter	< -10 dB
<i>Gain</i>	> 10 dBic
<i>Axial ratio</i>	< 3 dB
Polarisasi	Sirkuler (RHCP)

Spesifikasi antena diatas ditentukan berdasarkan perangkat *receiver* yang digunakan pada *antenna tracker*, yaitu Aomway A/V Receiver. Untuk mencapai spesifikasi di atas, dilakukan perhitungan matematis untuk dapat mengetahui ukuran tiap bagian antena.

4.1.1 Perhitungan Matematis Antena

Frekuensi kerja merupakan salah satu parameter yang penting dalam perancangan antena. Dari frekuensi ini didapatkan ukuran geometri dari tiap komponen pada antena. Pada penelitian ini frekuensi kerja yang digunakan ialah 5.8 GHz.

Perhitungan matematis antena dimulai dengan mencari Panjang gelombang dari frekuensi kerja menggunakan rumus

$$\lambda = \frac{c}{f_r} \quad (4.1)$$

$$\lambda = \frac{299,792,458 \text{ m/s}}{5800 \text{ MHz}}$$

$$\lambda = 0.0517 \text{ m} = 51.7 \text{ mm}$$

Setelah ditemukan panjang gelombang yang digunakan, dapat ditentukan jarak antar kumparan menggunakan rumus (3.1)

$$S = \frac{51.7 \text{ mm}}{4} \quad (4.2)$$

$$S = 12.925 \text{ mm}$$

Jika dilihat pada rumus (3.4), diperlukan nilai lingkaran helix yang optimal agar helical antenna dapat memasuki *end-fire mode*. Oleh karena itu dibutuhkan diameter kumparan yang dapat ditentukan menggunakan rumus (3.2)

$$D = \frac{51.7 \text{ mm}}{\pi} \times 1 \quad (4.3)$$

$$D = 16.457 \text{ mm}$$

Untuk mendapatkan nilai lingkaran kumparan, nilai diameter kumparan dimasukkan kedalam rumus (3.3)

$$C = \pi \times 16.457 \quad (4.4)$$

$$C = 51.7 \text{ mm}$$

Menggunakan rumus (3.4) dapat diketahui nilai lingkaran kumparan memiliki nilai yang optimal.

$$\frac{3}{4} < \frac{51.7 \text{ mm}}{51.7 \text{ mm}} < \frac{4}{3} \quad (4.5)$$

$$\frac{3}{4} < 1 < \frac{4}{3}$$

4.1.2 Desain dan Simulasi Hasil Perhitungan

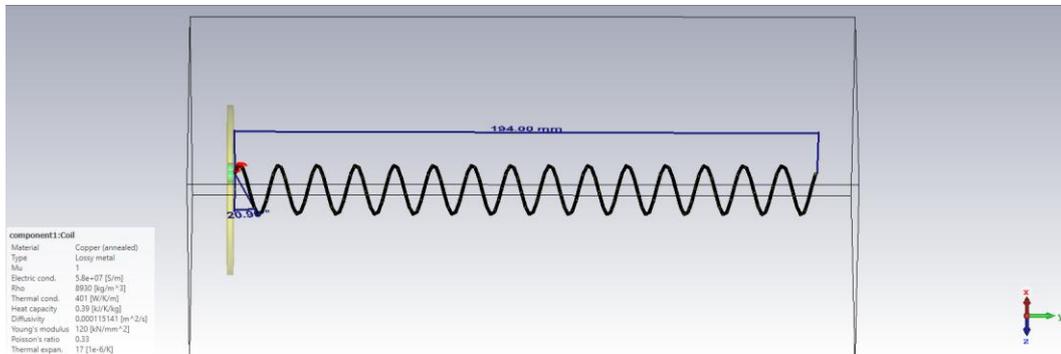
Dari hasil perhitungan, didapatkan. Untuk mencapai spesifikasi di atas, didapati parameter sebagai berikut:

Tabel 4.2 Parameter Geometri Helical Antena

Frekuensi tengah	5.8 GHz
Diameter kabel	1 mm
Diameter kumparan	16.45 mm
Jumlah putaran (N)	15
Jarak antar putaran	12,92 mm

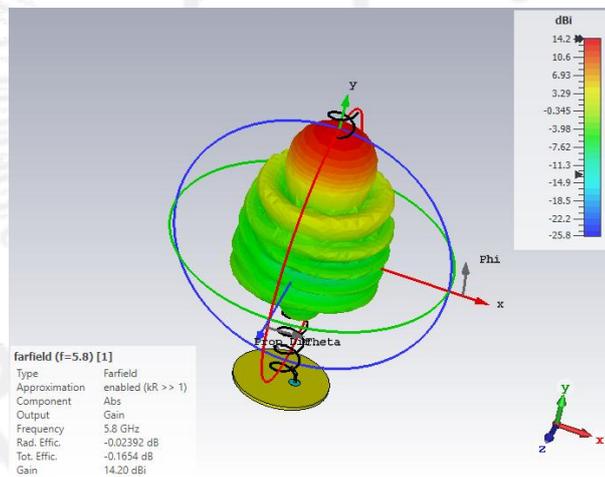
Sudut pitch	20°
Lingkar kumparan	51.7 mm

Desain dari parameter di atas dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Desain Hasil Kalkulasi Matematis

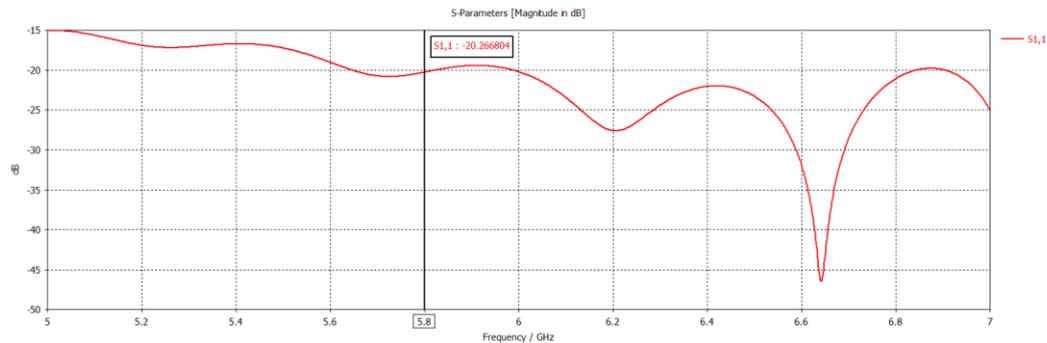
4.1.2.1 Farfield



Gambar 4.2 Gain Hasil Simulasi

Gambar 4.2 menunjukkan simulasi *farfield* dan *gain* dari desain helical antenna. Dari gambar didapatkan informasi mengenai bentuk radiasi dengan nilai *gain* pada main lobe sebesar 14.2 dBi

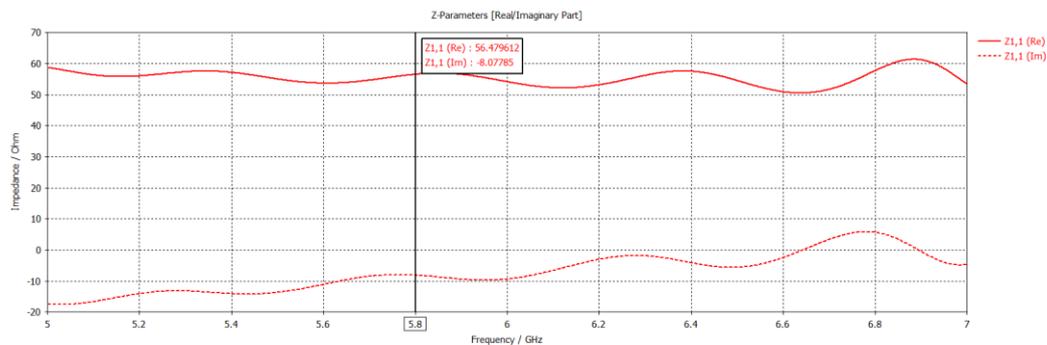
4.1.2.2 S-Parameter



Gambar 4.3 Grafik S-Parameters Hasil Simulasi

Gambar 4.3 menunjukkan nilai S-parameter pada frekuensi kerja 5.8 GHz memiliki nilai S-arameters sebesar -20,26 dBi dengan *bandwidth* lebih dari 2 GHz yang diukur dari *scope* frekuensi 5 GHz hingga 7 GHz. Penilaian *bandwidth* ini didapat dari spesifikasi antenna yang menginginkan nilai S-Parameter di bawah -10 dBi.

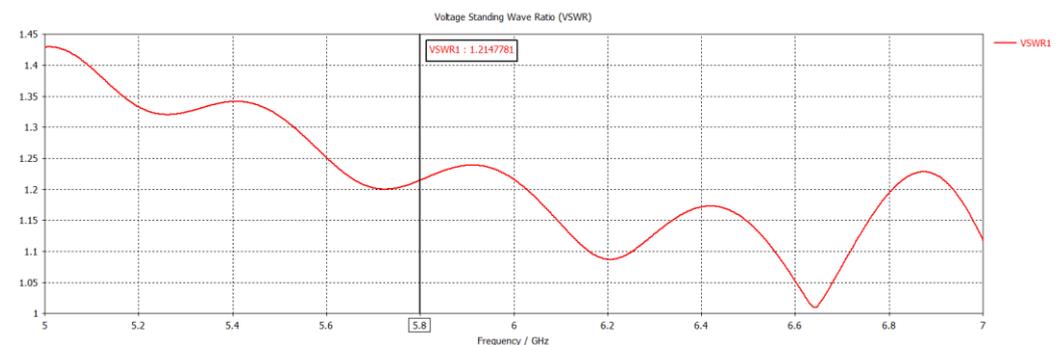
4.1.2.3 Impedansi



Gambar 4.4 Grafik Input Impedance Hasil Simulasi

Impedansi Antena berpengaruh pada daya antena. Terdapat 2 bagian pada impedansi yaitu impedansi real dan impedansi imajiner. Idealnya impedansi pada antena berkisar pada 50 Ω untuk real dan 0 Ω untuk imajiner. Pada gambar 4.4 diatas menunjukkan nilai impedansi real sebesar 56.47 Ω dan impedansi imajiner sebesar -8.07 Ω .

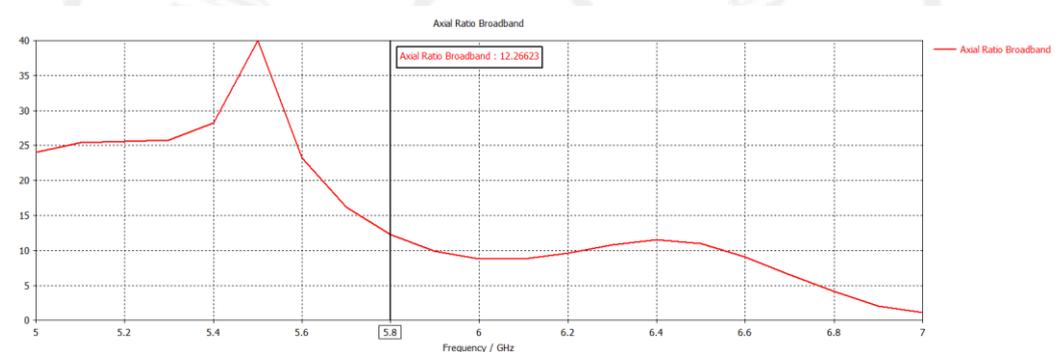
4.1.2.4 VSWR



Gambar 4.5 Grafik VSWR Hasil Simulasi

Gambar 4.5 menunjukkan nilai VSWR pada frekuensi kerja 5.8 GHz memiliki nilai sebesar 1.21 dengan *bandwidth* lebih dari 2 GHz yang diukur dari *scope* frekuensi 5 GHz hingga 7 GHz. Penilaian *bandwidth* ini didapat dari spesifikasi antenna yang menginginkan nilai VSWR dibawah 2.

4.1.2.5 Axial Ratio



Gambar 4.6 Grafik Axial ratio Hasil Simulasi

Axial ratio mempengaruhi polarisasi antenna. Agar terjadi polarisasi sirkuler, nilai *axial ratio* pada frekuensi yang diinginkan harus bernilai dibawah 3. Pada grafik 4.6 diatas menunjukkan nilai *axial ratio* pada frekuensi 5.8 GHz sebesar 12.26

4.1.3 Optimasi Antena

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada desain hasil kalkulasi awal, dapat diketahui bahwa hasil kalkulasi awal belum memenuhi spesifikasi target antenna yang akan dibuat. Sehingga perlu dilakukan perubahan geometri antenna agar mendapatkan hasil yang lebih optimal. Optimasi dilakukan

menggunakan metode *trial and error* dengan mengubah diameter antenna, jarak antar putaran, dan jumlah putaran.

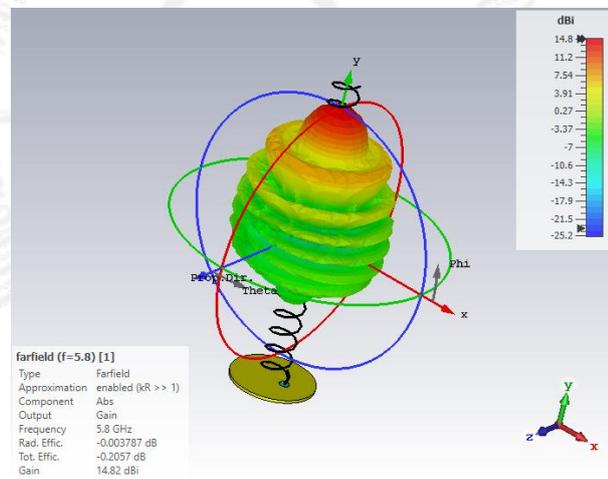
4.2 Hasil Desain dan Simulasi Akhir

Setelah dilakukan optimasi desain antenna, didapatkan hasil akhir geometri helical antenna seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 4.3 Hasil Akhir Parameter Geometri Helical Antena

Frekuensi tengah	5.8 GHz
Diameter kabel	1 mm
Diameter kumparan	19 mm
Jumlah putaran (N)	17
Jarak antar putaran	13 mm
Sudut pitch	18°
Lingkar kumparan	59.7 mm

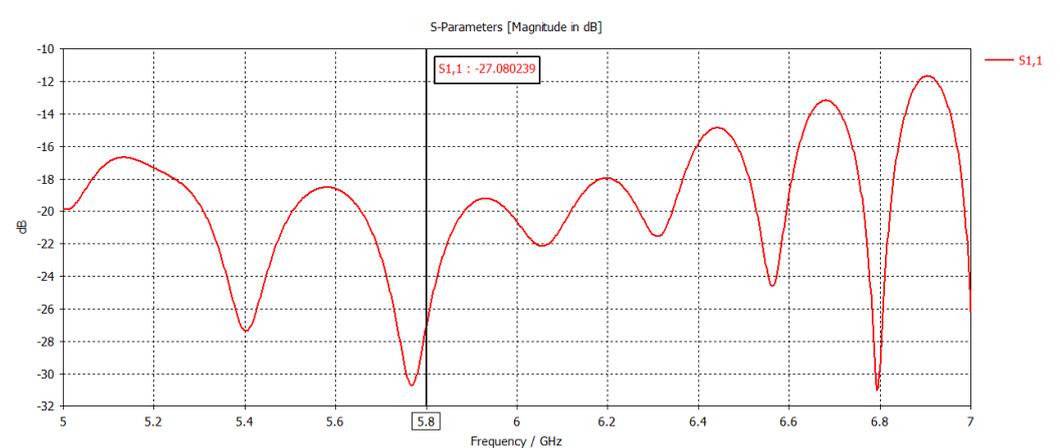
4.2.1 Farfield



Gambar 4.7 Gain Hasil Simulasi

Gambar 4.7 menunjukkan simulasi *farfield* dan *gain* dari desain helical antenna. Dari gambar didapatkan informasi mengenai bentuk radiasi dengan nilai *gain* pada *main lobe* sebesar 14.8 dBi

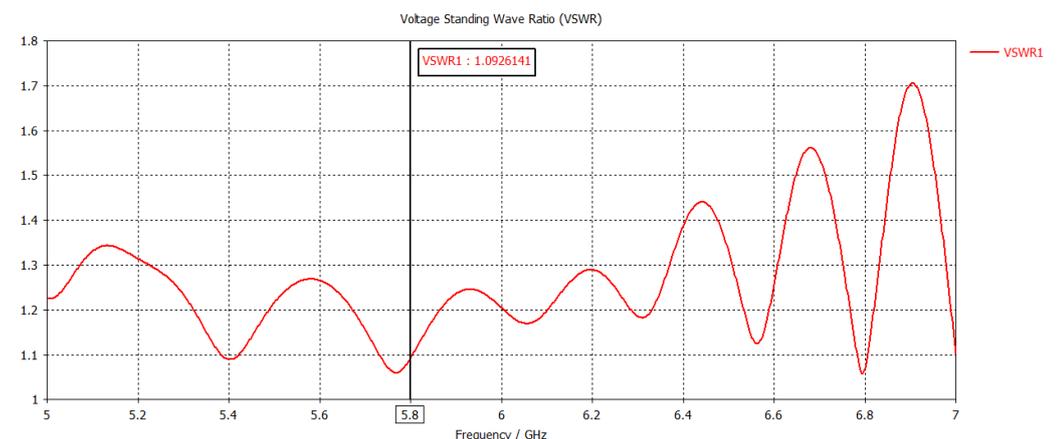
4.2.2 S-Parameter



Gambar 4.8 Grafik S-Parameter

Gambar 4.8 menunjukkan nilai S-Parameter pada frekuensi kerja 5.8 GHz memiliki nilai S-Parameters sebesar -27,08 dBi dengan *bandwidth* lebih dari 2 GHz yang diukur dari scope frekuensi dari 5 GHz hingga 7 GHz. Penilaian *bandwidth* ini didapat dari spesifikasi antenna yang menginginkan nilai S-Parameter dibawah 10 dBi. Oleh karena itu, desain sudah memenuhi S-Parameter yang diinginkan.

4.2.3 VSWR

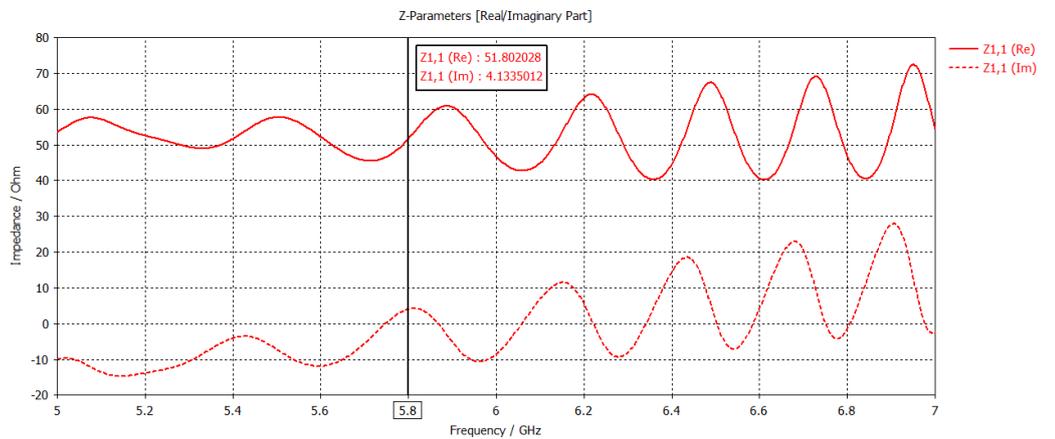


Gambar 4.9 Grafik VSWR

Gambar 4.9 menunjukkan nilai VSWR pada frekuensi kerja 5.8 GHz memiliki nilai sebesar 1,09 dengan *bandwidth* lebih dari 2 GHz yang diukur dari scope frekuensi dari 5 GHz hingga 7 GHz. Penilaian *bandwidth* ini

didapat dari spesifikasi antenna yang menginginkan nilai VSWR dibawah 2. Oleh karena itu, desain sudah memenuhi VSWR diinginkan.

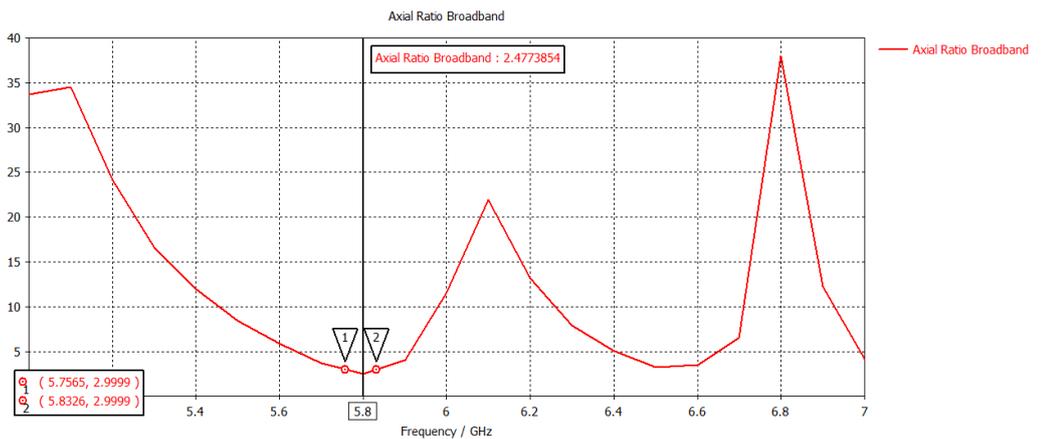
4.2.4 Impedansi



Gambar 4.10 Grafik Impedansi

Pada gambar 4.10 diatas menunjukkan nilai impedansi real sebesar 51.8 Ω dan impedansi imajiner sebesar 4.13 Ω .

4.2.5 Axial ratio



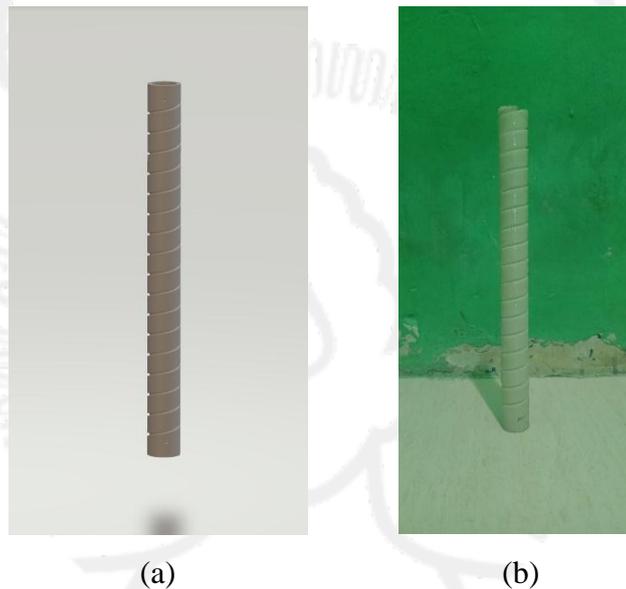
Gambar 4.11 Grafik Axial ratio

Pada gambar 4.11 diatas menunjukkan nilai *axial ratio* pada frekuensi 5.8 GHz sebesar 2.47 dengan *bandwidth* sebesar 76 MHz dengan rentang frekuensi dari 5.75 GHz hingga 5.83 GHz.

4.3 Fabrikasi Antena

Setelah desain akhir memenuhi parameter spesifikasi antena yang diinginkan. Proses selanjutnya ialah fabrikasi untuk membuat antena secara fisik.

Fabrikasi Antena dimulai dengan membuat alat bantu untuk membuat *coil*. alat bantu ini dibuat dengan 3D *Printer* menggunakan bahan PLA dengan desain yang ditunjukkan pada gambar 4.12 (a) dengan hasil 3D Printing pada gambar 4.12 (b). Alat bantu ini memudahkan dalam melilit kawat karena perlunya jarak yang konsisten antar lilitan dan juga diameter.



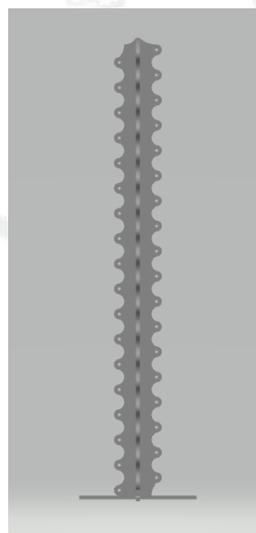
Gambar 4.12 (a) Desain 3D Alat Bantu, (b) Hasil 3D Printing Alat Bantu

Setelah alat bantu ini jadi, proses selanjutnya ialah melilit kawat 1mm menggunakan alat bantu tersebut yang dapat dilihat pada gambar 4.13. Proses melilit kawat dilakukan secara bertahap dan perlahan. Hal ini dilakukan karena kawat akan merenggang pada saat dililit, sehingga perlu dilakukan perlahan agar kawat melilit dengan baik.



Gambar 4.13 Proses Melilit Kawat

Karena *Coil* memiliki panjang 194 mm yang membuatnya tidak dapat tegak dan lurus, diperlukan penyangga *coil* sehingga *coil* dapat tetap pada bentuk seharusnya. Penyangga ini juga dibuat dengan *3D Printer* menggunakan bahan *PLA* dengan desain yang ditunjukkan pada gambar 4.14 (a).



(a)

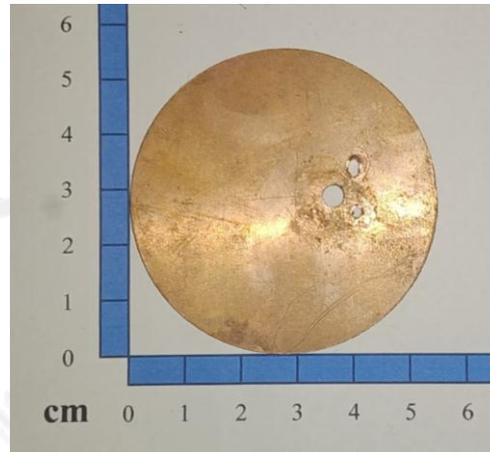


(b)

Gambar 4.14 Penyangga Coil

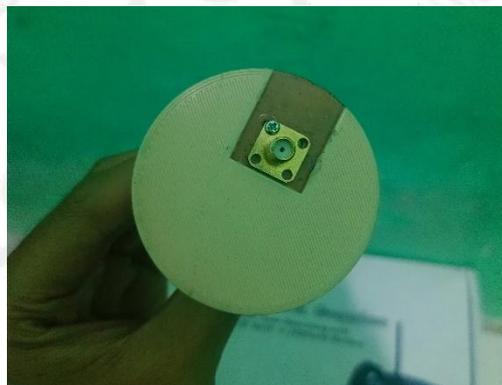
Setelah *coil* diberi penyangga seperti yang terlihat pada gambar 4.14 (b), tahap selanjutnya ialah membuat *disc reflector* menggunakan lempengan

tembaga dengan tebal 2 mm. Pembuatan *disc reflector* dilakukan dengan menggunakan mesin CNC. Hasil pemotongan lempengan tembaga dapat dilihat pada gambar 4.15.

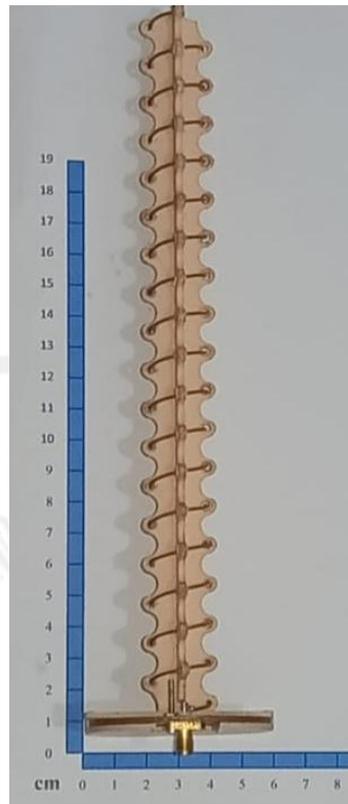


Gambar 4.15 Disc Reflector

Selanjutnya *disc reflector* dipasangkan port SMA 50 Ω seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.16. Lalu coil yang sudah diberi penyangga disambungkan dengan pin port SMA yang ada pada *disc reflector*. Hasil akhir fabrikasi dapat dilihat pada gambar 4.17.



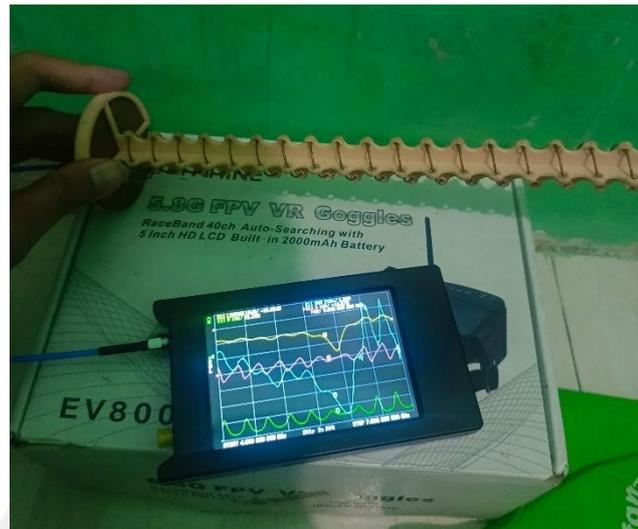
Gambar 4.16 Port SMA yang Terpasang pada *Disc Reflector*



Gambar 4.17 Helical Antena Hasil Fabrikasi

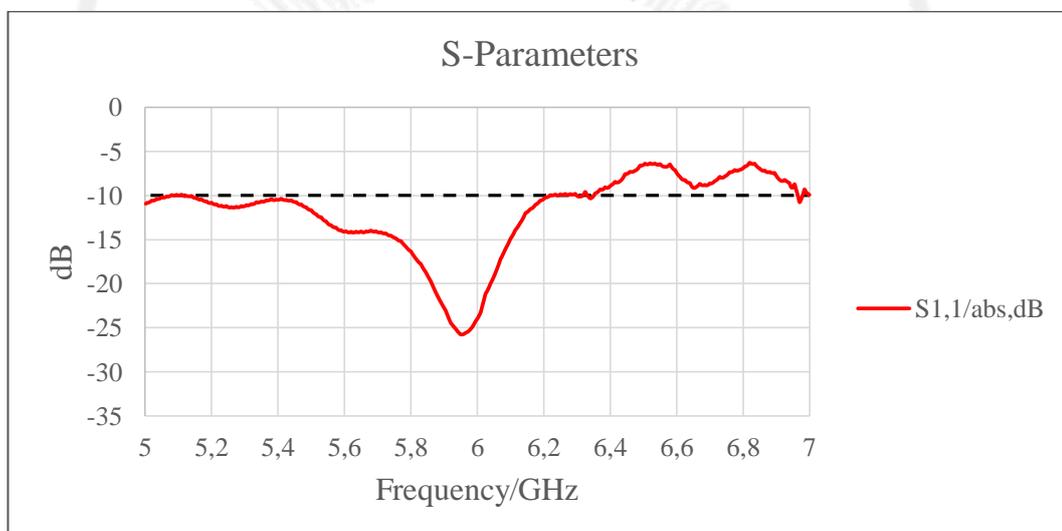
4.4 Uji Parameter

Setelah fabrikasi antenna telah selesai dilakukan, antenna akan diuji dengan diukur parameternya menggunakan LiteVNA. Untuk melakukan pengujian menggunakan LiteVNA, diperlukan kalibrasi alat dengan scope frekuensi dari 4 GHz hingga 7 GHz. Kalibrasi dilakukan agar alat bersifat netral saat akan digunakan untuk menguji antenna pada scope yang diinginkan. Pada pengujian ini, diamati S-parameter, VSWR, dan impedansi. Karena LiteVNA tidak dapat mengukur *axial ratio* antenna, maka pengujian *axial ratio* tidak dapat dilakukan. Pengujian menggunakan LiteVNA dapat dilihat pada gambar 4.18



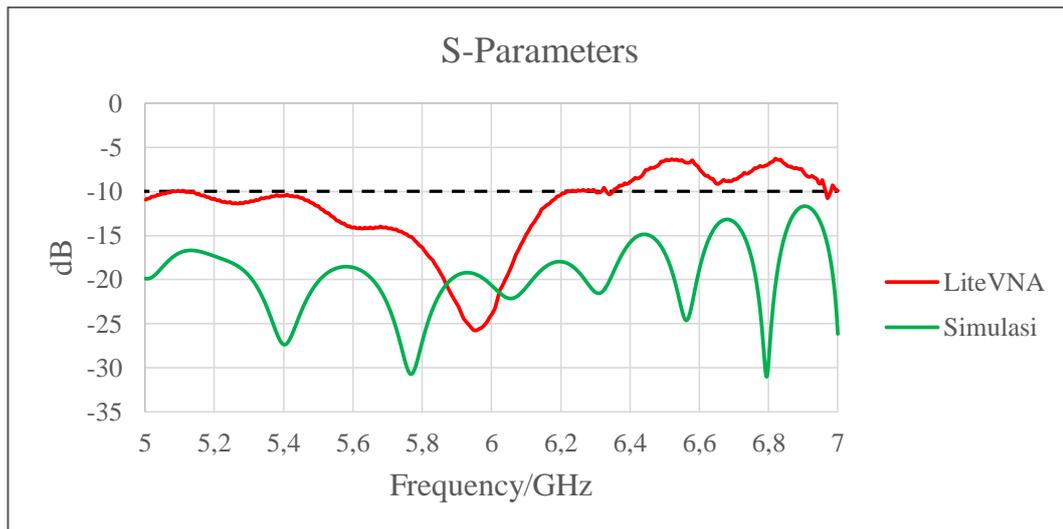
Gambar 4.18 Pengukuran menggunakan LiteVNA

4.4.1 S-Parameter



Gambar 4.19 Grafik S-Parameter Helical Antena Fabrikasi

Hasil pengujian S-Parameter menggunakan LiteVNA dapat dilihat pada gambar 4.19. Dari gambar grafik tersebut dapat dilihat bahwa S-Parameters pada frekuensi kerja berada dinilai -16.33 dB. Dapat dilihat juga bahwa antenna hasil fabrikasi memiliki *bandwidth* sebesar 1.1 GHz yang dimulai dari frekuensi 5.12 GHz hingga 6.22 GHz. Maka dari itu, dapat dikatakan bahwa S-Parameter antenna hasil fabrikasi sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

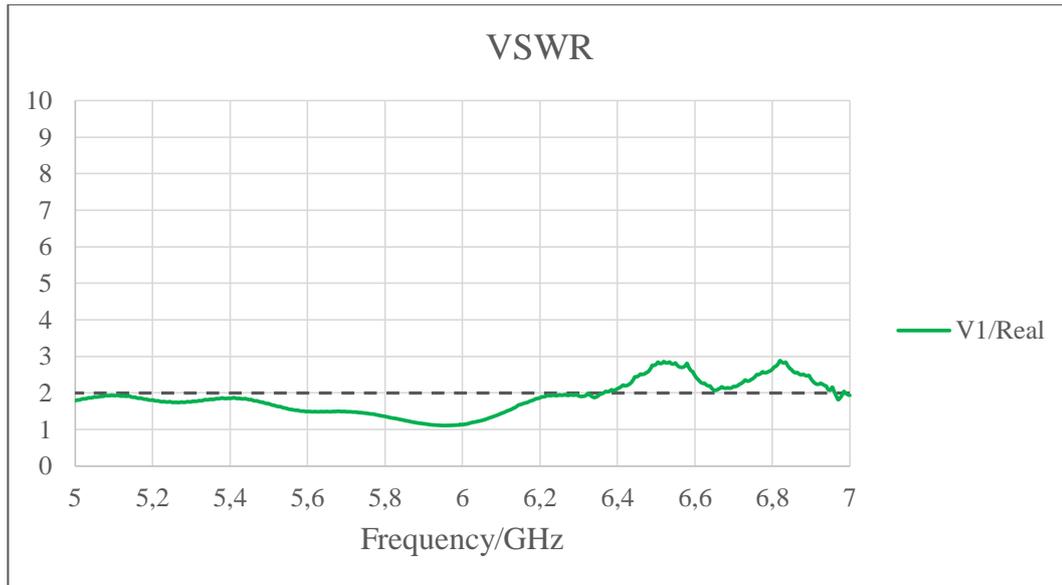


Gambar 4.20 Grafik Perbandingan S-Parameter Hasil Pengujian Menggunakan LiteVNA dan Hasil Simulasi

Jika kita bandingkan hasil pengujian menggunakan LiteVNA dengan hasil simulasi, terdapat perbedaan seperti yang ditampilkan pada gambar 4.20. Pada grafik tersebut menunjukkan terjadi penurunan *bandwidth* dari *bandwidth* hasil simulasi. Lalu terdapat perbedaan pada nilai S-Parameters pada frekuensi kerja dengan selisih kurang lebih 11 dB dimana pada hasil simulasi mendapatkan nilai S-Parameters sebesar -27.08 dB sedangkan hasil pengujian sebesar -16.33 dB.

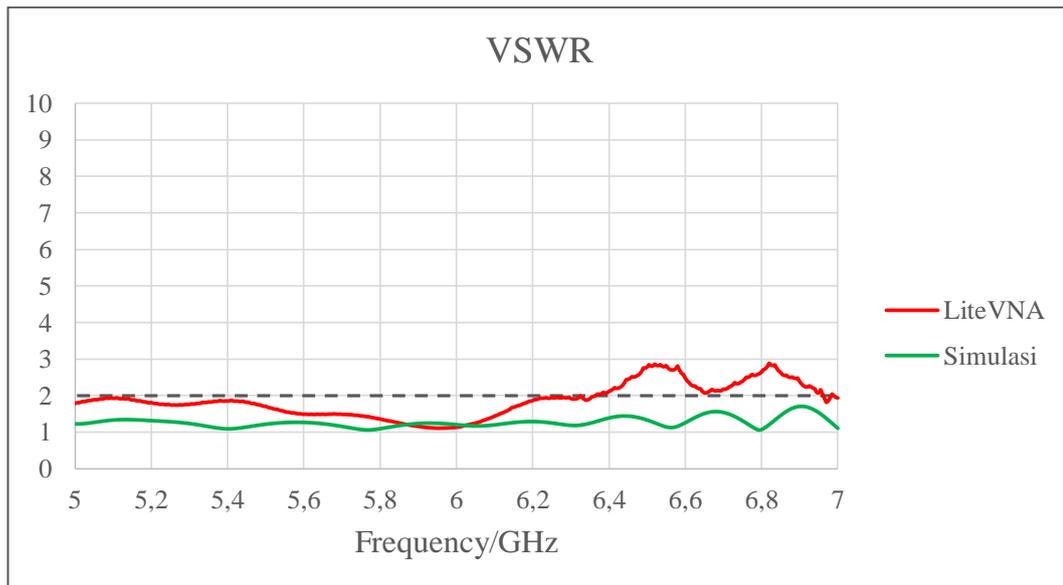
Perbedaan ini merupakan hal yang wajar dikarenakan terdapat parameter yang tidak bisa diukur oleh simulasi seperti lingkungan, toleransi ukuran fabrikasi, keandalan alat ukur, dan noise yang dapat mengganggu pengujian parameter.

4.4.2 VSWR



Gambar 4.21 Grafik VSWR Helical Antena Fabrikasi

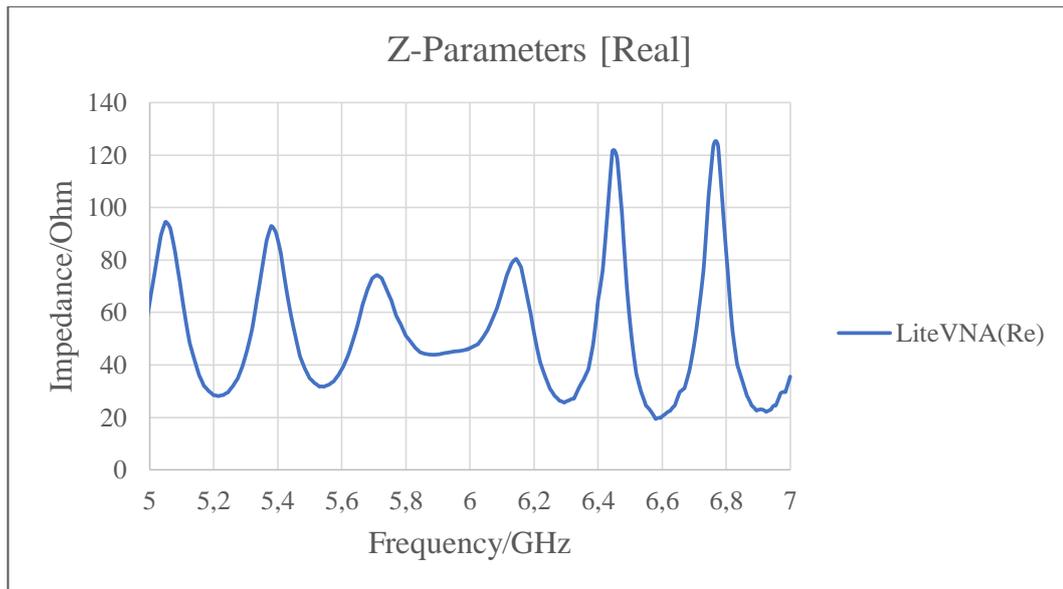
Hasil pengujian VSWR menggunakan LiteVNA dapat dilihat pada gambar 4.21. Grafik menunjukkan nilai VSWR pada frekuensi kerja sebesar 1.36. Data tersebut mengindikasikan bahwa antenna beroperasi dengan baik dan cukup efisien dalam rentang frekuensi kerjanya. Ketika nilai VSWR berada di bawah 2, itu menunjukkan bahwa pantulan sinyal rendah sehingga daya yang diberikan untuk mengumpan antenna dapat dipancarkan dengan efisien dengan minimum pantulan. Maka dari itu, dapat dikatakan bahwa VSWR antenna hasil fabrikasi sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.



Gambar 4.22 Grafik Perbandingan VSWR Hasil Pengujian Menggunakan LiteVNA dan Hasil Simulasi

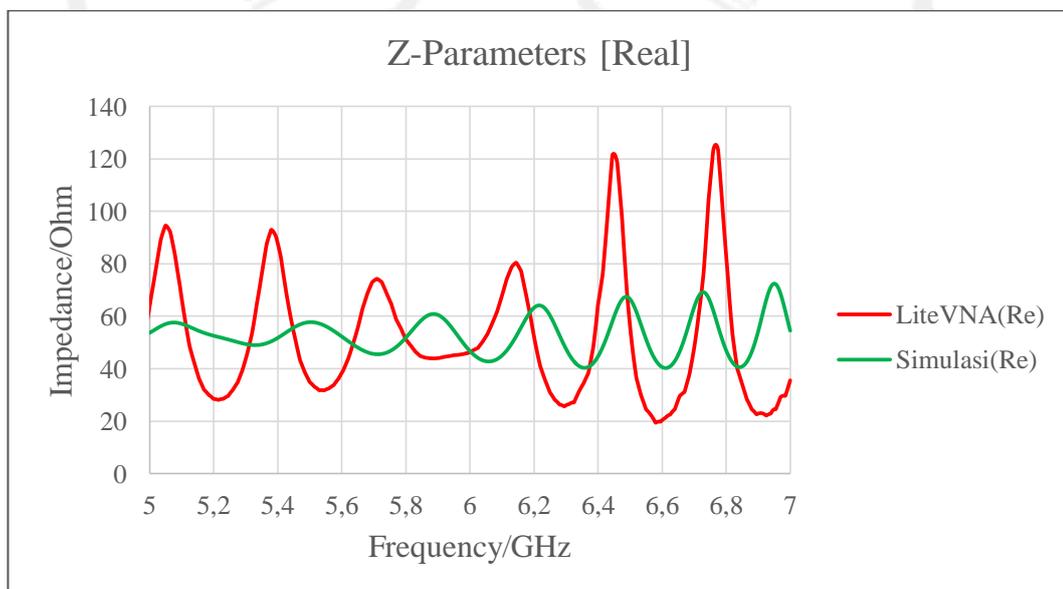
Apabila kita bandingkan hasil pengujian yang diperoleh menggunakan LiteVNA dengan hasil simulasi, kita dapat melihat adanya perbedaan yang terlihat pada Gambar 4.22. Pada grafik tersebut, tampak terjadi penyusutan *bandwidth* VSWR dibandingkan dengan hasil simulasi. Selain itu, terdapat juga perbedaan pada nilai VSWR pada frekuensi kerja, dengan selisih sekitar 0.3. Dalam hasil simulasi, nilai VSWR tercatat sebesar 1.06, sementara hasil pengujian mencatat nilai sekitar 1.36.

4.4.3 Impedance



Gambar 4.23 Grafik Impedansi Helical Antena Fabrikasi

Hasil pengujian impedansi menggunakan LiteVNA dapat dilihat pada gambar 4.23. Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa impedansi pada frekuensi kerja memiliki nilai sekitar 51.19 Ω . Nilai impedansi hasil fabrikasi ini cukup mendekati nilai impedansi dari konektor SMA yang digunakan, yaitu sekitar 50 Ω . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa impedansi antenna hasil fabrikasi telah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.



Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Impedansi Hasil Pengujian Menggunakan LiteVNA dan Hasil Simulasi

Jika kita membandingkan hasil pengujian yang diperoleh menggunakan LiteVNA dengan hasil simulasi, kita dapat melihat adanya perbedaan yang terlihat pada Gambar 4.24. Pada grafik tersebut, terlihat bahwa ada riak yang lebih besar pada hasil fabrikasi dibandingkan dengan hasil simulasi. Selain itu, perbedaan nilai impedansi pada frekuensi kerja juga tidak terlalu signifikan, dengan selisih hanya sekitar 0.61Ω .

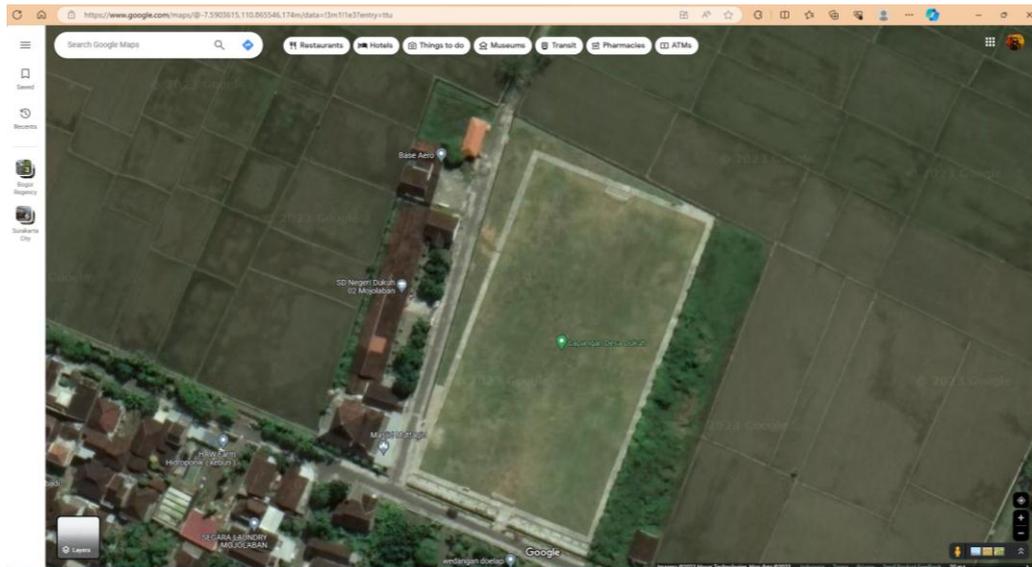
4.4.4 Hasil Akhir Uji Parameter

Tabel 4.4 Tabel Hasil Akhir Parameter

	Spesifikasi	Simulasi	Pengujian
Frekuensi Kerja	5.8 GHz	5.8 GHz	5.8 GHz
<i>Bandwidth</i>	> 500 MHz	2 GHz	1,54 GHz
ARBW	> 50 MHz	76 MHz	-
<i>Gain</i>	> 10 dBi	14.8 dB	-
S-Parameter	< - 10 dB	-27.08 dB	-16.33 dB
VSWR	< 2	1,06	1,36
<i>Axial ratio</i>	< 3 dB	2,47	-
Impedansi	50 Ω	51.8 Ω	51.19 Ω

4.5 Uji Lapang

Uji lapang dilakukan di lapangan Desa Dukuh yang dapat dilihat pada gambar 4.25. Uji lapang dilakukan dengan cara memasang whip antenna yang tersedia dari VRx dan antenna yang telah dibuat ke perangkat *receiver antenna tracker* yang terhubung ke GCS dan akan menerima sinyal dari transmitter yang ada pada pesawat *fixed wing* UAV. Pesawat *fixed wing* UAV yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.5. Pemasangan antenna dapat dilihat pada gambar 4.26.



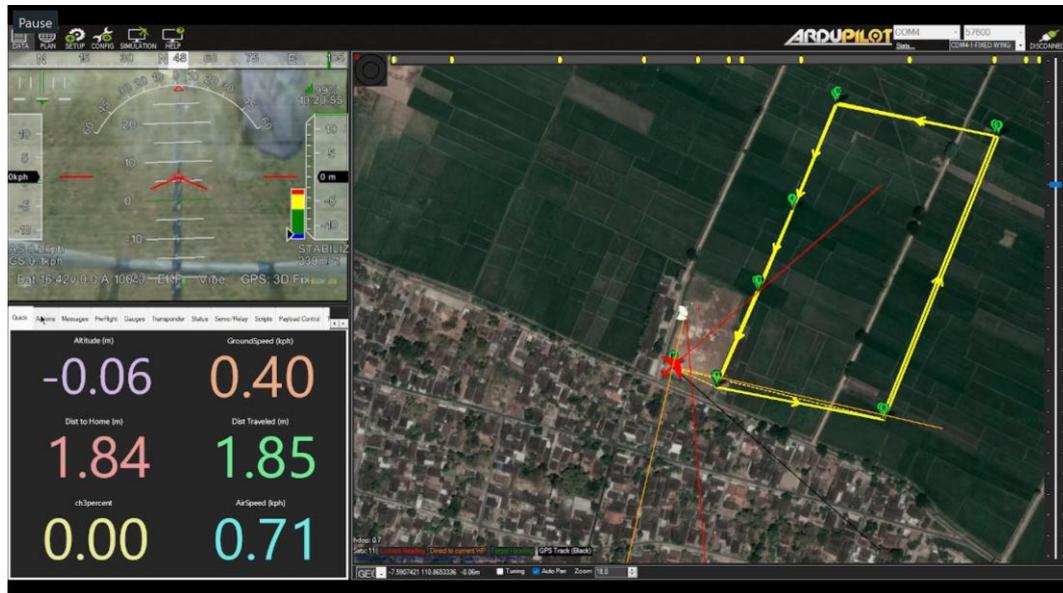
Gambar 4.25 Lapangan Dukung



Gambar 4.26 Antenna tracker dengan Helical Antena

Pesawat akan terbang membentuk persegi panjang sejauh kurang lebih 450m sambil melakukan monitoring dengan kamera menghadap kebawah. Kamera terhubung dengan VTx yang berfungsi mengirimkan data video melalui gelombang radio. Gelombang inilah yang akan ditangkap oleh antena

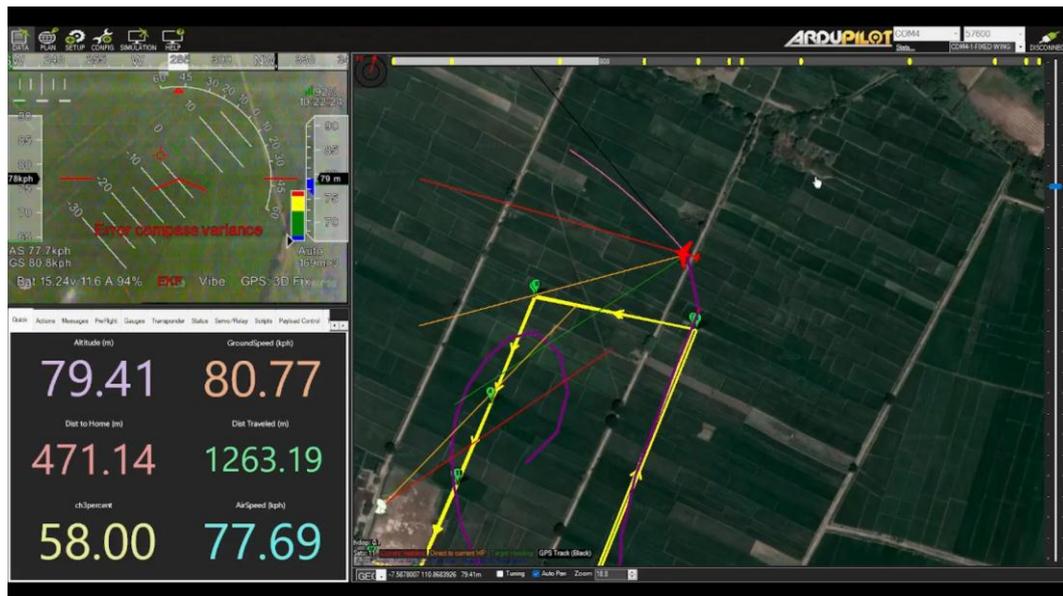
yang telah dibuat dan video akan ditampilkan di *mission planner*. Selain menampilkan video monitoring, *mission planner* ini juga digunakan untuk membuat misi dan mengatur terbang UAV. UAV akan diterbangkan dengan jalur monitoring berbentuk persegi panjang seperti pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Tampilan Mission Planner dengan Jalur Monitoring Persegi Panjang

4.5.1 Hasil Uji

Hasil dari uji lapang yang dilakukan berupa record screen yang menunjukkan tampilan mission planner yang didalamnya terdapat informasi tampilan video monitoring, peta misi yang terdapat posisi UAV didalamnya, jarak antara GCS dengan UAV, ketinggian UAV, kecepatan UAV, dan total jarak tempuh UAV.



Gambar 4.28 Tampilan Mission Planner dengan Hasil Monitoring Jernih

Gambar 4.28 menunjukkan tampilan mission planner yang memuat informasi yang disebutkan sebelumnya. Dapat dilihat pada gambar 4.28 bahwa pada jarak 471 m dari GCS, antena dapat menerima video dengan kualitas yang cukup baik.



Gambar 4.29 Tampilan Hasil Monitoring Menggunakan Antena VRx AOMWay

Selama melakukan misi tidak selamanya monitoring berjalan dengan baik. Seperti yang bisa dilihat pada gambar 4.29 yang memperlihatkan hasil monitoring yang kurang bagus pada jarak kurang dari 10 m dari GCS.

4.5.2 Analisis Hasil

Dari hasil uji lapang yang dilakukan, helical antenna berhasil untuk menerima sinyal transmit video dari VTx yang ada pada UAV dengan jarak 471 m. Sinyal transmit video yang didapat, lalu ditampilkan pada HUD Mission Planner. Seperti yang terlihat pada gambar 4.28, helical antenna dapat menerima transmit video dengan *antenna tracker* yang mengarah ke UAV dimana pada gambar tersebut ditunjukkan pada garis merah yang berasal dari GCS. Hasil monitoring yang jernih pada jarak yang cukup jauh dikarenakan oleh antenna hasil rancangan memiliki *gain* yang cukup tinggi untuk menjangkau jarak yang jauh.

Lalu pada gambar 4.29 menampilkan hasil monitoring yang kurang bagus pada jarak kurang dari 10 m. Hal ini dikarenakan antenna memiliki pola radiasi omnidirectional, sehingga jarak radiasi tidak sejauh antenna dengan pola radiasi directional.