

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP REKTANGULAR UNTUK APLIKASI PESAWAT UDARA NIRAWAK PADA FREKUENSI 5.795 GHZ

Krisna Syam Maulana¹, Dr.Ir.Heroe Wijanto, M.T.², Agus Dwi Prasetyo, S.T.,M.T.³

^{1,2,3}Fakultas Elektro, Universitas Telkom, Bandung

¹krisnasyammaulana@gmail.com, ²heroewijanto@gmail.com, ³surel.adp@gmail.com

Abstrak

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah pesawat udara tanpa awak yang mempunyai banyak fungsi salah satunya dapat digunakan untuk memfoto, merekam, memantau dan meliputi suatu objek dari udara menggunakan kamera yang terpasang pada pesawat. Untuk melakukan pemantauan tersebut dibutuhkan suatu jalur komunikasi yang menghubungkan ground station ke UAV dengan kecepatan transfer data yang cukup besar dan jarak jangkauan yang cukup jauh. Umumnya pesawat yang digunakan untuk memantau berada di tempat yang lebih tinggi dan modul pengirim yang terpasang pada pesawat memiliki power transmit yang relatif kecil, namun pemakaian antena dipole pada bagian transmitter yang memiliki pola radiasi omnidirectional dirasa kurang efektif.

Maka pada tugas akhir ini dirancanglah antena mikrostrip rektangular agar menghasilkan pola radiasi unidirectional sehingga efektif dalam penggunaan daya pada modul transmit yang terletak di UAV. Perancangan menggunakan teknik pencatutan microstripline. Metoda perancangan pada tugas akhir ini adalah dengan perhitungan menggunakan persamaan untuk mencari dimensi antena, hasil yang didapat dari perhitungan merupakan input untuk proses simulasi dan hasil terbaik dari proses optimasi pada simulasi akan digunakan sebagai nilai pada pembuatan antena. Dalam tugas akhir ini diteliti juga parameter antena seperti VSWR, bandwidth, pola radiasi, gain, return loss dan impedansi total.

Antena mikrostrip rektangular ini diharapkan mampu menghasilkan karakteristik antena yang bekerja pada frekuensi tengah 5795MHz, bandwidth 300Mhz, untuk nilai VSWR dibawah 2 dan memiliki pola radiasi unidirectional

Kata kunci: UAV(Unmanned Aerial Vehicle), antena mikrostrip rektangular, unidirectional

Abstract

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is an aircraft without crew that control inside which has many function, it can be used to taking picture, recording video, monitoring and covering on an object from the air using camera that mounted on the aircraft. To make such all function it requires a line of communication that connect UAV to the ground station with a large data rate transfer and far enough distance range. Commonly the aircraft that used to covering was on higher place than ground station and module transmitter relatively had a small power transmit, however using a dipole antenna on the transmitter that has an omnidirectional of radiation pattern deemed less effective.

Therefore in this final project will be designed and realized rectangular microstrip antenna to produce an unidirectional of radiation pattern so it will be effective to using power on module transmitter that located on UAV. Design of antenna rationing uses microstripline technique. The design method in this final project is the calculation using the equation to find the dimensions of the antenna, the results obtained from the calculations are inputs for the simulation process and the best results of the optimization process will be used as the value in the manufacture of the antenna. In this final project also researched the antenna parameters such as VSWR, bandwidth, radiation pattern, gain, return loss and total impedance.

Rectangular microstrip antenna is expected to generate characteristic antenna that works at the center frequency 5795MHz, bandwidth 300Mhz, for the VSWR below 2 and has a unidirectional radiation pattern.

Keywords: UAV(Unmanned Aerial Vehicle), rectangular microstrip antenna, unidirectional

1. Pendahuluan

UAV(Unmanned Aerial Vehicle) adalah sebuah mesin terbang yang dapat di kendalikan dengan kendali jarak jauh atau pesawat terbang tanpa satu pun kru pesawat yang mengendalikan berada didalamnya. Terdapat 2 variasi control pesawat yaitu di control dengan pengendali jarak jauh atau terbang secara mandiri berdasarkan program yang telah dimasukkan. UAV sendiri mampu membawa kamera, sensor, alat komunikasi dan beberapa peralatan lainnya. Pesawat semacam ini berkembang luas di kalangan militer dan memiliki banyak fungsi salah satunya dapat digunakan untuk memfoto, merekam, memantau dan meliputi suatu objek dari udara menggunakan kamera yang terpasang pada pesawat. Pesawat

tanpa awak juga semakin banyak digunakan untuk keperluan sipil seperti pemadam kebakaran, keamanan non militer, pengawasan daerah yang dilindungi dan melakukan pencarian untuk menyelamatkan korban. Untuk melakukan pemantauan tersebut dibutuhkan suatu jalur komunikasi tanpa kabel yang menghubungkan UAV ke ground station dengan kecepatan transfer data yang tinggi dan jarak jangkauan yang cukup jauh. Untuk memfasilitasi jaringan komunikasi tanpa kabel tersebut digunakan modul transmitter Boscaw 5.8G TS-351 pada sisi pengirim dimana modul tersebut memiliki power transmit sebesar 200mW dan terdapat 8 pilihan kanal yang digunakan dari range frekuensi 5645MHz -

5945MHz, sehingga membutuhkan bandwidth sebesar 300MHz.

Pada modul transmitter tersebut digunakan antenna dipole untuk mengirimkan data dari UAV ke ground station. Antena dipole yang digunakan memiliki pola radiasi omnidirectional dengan kata lain antena akan memancarkan ke segala arah. Pada umumnya posisi UAV terletak lebih tinggi dari ground station, maka pola radiasi omnidirectional dirasa kurang efisien karena yang dibutuhkan pada kasus umum ini adalah pola radiasi unidirectional yaitu pola radiasi yang pancaran antenanya lebih di arahkan. Pengubahan pola radiasi ini ditujukan untuk memaksimalkan power transmit yang relatif kecil.

Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang dapat memenuhi kualifikasi tersebut. Geometri antena yang kecil, ringan dan tipis membuat antena mikrostrip sangat cocok digunakan untuk UAV. Melihat range frekuensi kerja yang digunakan modul Boscam 5.8G sebesar 5645MHz – 5945MHz maka antena yang akan direalisasikan akan bekerja pada frekuensi 5.795GHz.

2. Dasar Teori

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi.

Beberapa kelebihan mikrostrip antara lain :

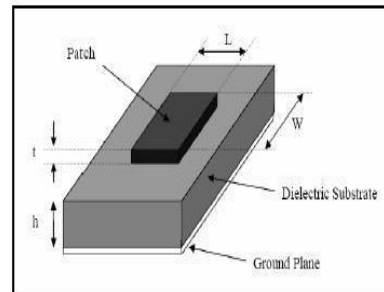
1. *Low profile*, yaitu dengan bobot yang ringan serta ukuran yang kecil dan kompak.
2. *Low fabrication*, proses pabrikan lebih mudah dan murah dan di produksi dengan menggunakan teknik printed-circuit atau dengan teknik pemotongan biasa.
3. Dapat menghasilkan polarisasi sirkular maupun linier.
4. Dapat dibuat lebih kompak sehingga cocok untuk sistem komunikasi bergerak.
5. Mampu beroperasi pada single, ataupun multiband.

Namun antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu :

1. Bandwidth yang diperoleh kecil, sekitar $< 1\%$ bila menggunakan teknik pencatatan konvensional.
2. Gain yang dihasilkan rendah, sekitar 3-10 dBi untuk satu patch.
3. Dibutuhkan substrat yang bagus dimana dengan harga substrat yang lebih mahal.
4. Sistem pencatatan kompleks untuk antena susunan.
5. Efisiensi rendah.

Pada **gambar 2.1** menunjukkan antena mikrostrip biasa yang terdiri dari sepasang lapisan konduktor parallel yang dipisahkan suatu medium dielektrik atau dikenal dengan nama substrat. Pada

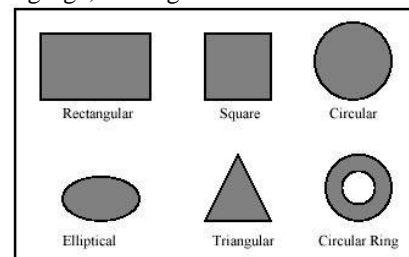
susunan dibawah, lapisan konduktor atas atau *patch* berfungsi sebagai sumber radiasi dimana energy elektromagnetik menelusuri tepian dari sisi *patch* kedalam substrat. Lapisan konduktor bawah berfungsi sebagai bidang *ground* pemantulan sempurna, mengembalikan energy kembali melalui substrat menuju udara bebas.



Gambar 2.1 Struktur Antena Mikrostrip

Dalam bentuk dasar, antena mikrostrip terdiri atas tiga lapisan yaitu :

1. *Conducting patch*, patch ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektro magnetik ke udara. Terletak pada bagian paling atas dari sistem antena dengan lebar W dan panjang L . Biasanya bahan yang digunakan dibuat dari konduktor misalnya tembaga. Bentuk patch bisa bermacam macam seperti lingkaran segitiga, rectangular dan lain-lain.



Gambar 2.2 Jenis *patch* antena mikrostrip

2. *Substrat*, substrat berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari catuan menuju daerah di bawah Patch. Substrat sangat berpengaruh pada besar parameter antena. Pengaruh ketebalan substrat dielektrik terhadap parameter antena adalah pada Bandwidth. Semakin tebal substrat, maka semakin kecil permitivitas relatif maka Bandwidth akan semakin besar.
3. *Groundplane*, berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan biasanya bagian ini terbuat dari bahan konduktor.

2.2 Dimensi Antena Mikrostrip

Untuk mencari dimensi antena *microstrip* (W dan L), harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan yaitu tebal dielektrik (h), konstanta dielektrik (ϵ_r), tebal konduktor (t) dan rugi – rugi bahan. Panjang antena *microstrip* harus disesuaikan, karena apabila terlalu pendek maka *bandwidth* akan sempit sedangkan apabila terlalu panjang

bandwidth akan menjadi lebih lebar tetapi efisiensi radiasi akan menjadi kecil. Dengan mengatur lebar dari antenna *microstrip* (W) impedansi input juga akan berubah. Pendekatan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar antenna *microstrip* dapat menggunakan persamaan :

$$\sqrt{\frac{Z_0}{\epsilon_r}}$$

dimana :

W = lebar konduktor

= konstanta dielektrik

c = kecepatan cahaya di ruang hampa

= frekuensi kerja antenna

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dirumuskan dengan :

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Dimana h merupakan tinggi substrat atau tebal substrat, dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif yang dirumuskan sebagai :

$$\left(\sqrt{\frac{Z_0}{\epsilon_r}} \right)$$

Dengan panjang *patch* (L) dirumuskan oleh:

dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan :

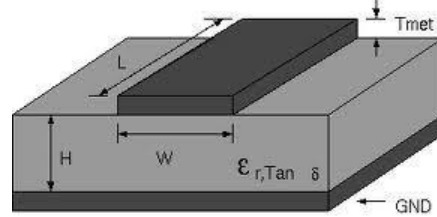
$$\sqrt{\frac{Z_0}{\epsilon_r}}$$

Secara ideal, *groundplane* yang digunakan memiliki luas dan tebal yang tidak terhingga (*infinite groundplane*), akan tetapi kondisi ini jelas tidak mungkin untuk direalisasikan. Untuk mendapatkan kondisi *finite groundplane*, lebar (W) dan panjang (L) minimum *groundplane* yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan berikut :

2.3 Microstrip Line Feedline

Pencatuan dilakukan dengan cara menghubungkan line pencatuan dengan *patch*, dimana *patch* dan line pencatuan menggunakan bahan yang sama. Dalam Teknik pencatuan mikrostrip line *feedline* ini sangat dipengaruhi oleh impedansi masukan, oleh karena itu untuk mendapatkan kondisi matching impedance yakni transfer daya maksimum maka, panjang dan lebar

line *feedline* harus dicetak berdasarkan, Impedansi masukan (Z_0), konstanta dielektrik substrat.



Gambar 2.3 Mirostripline

Untuk lebar saluran pencatu (W_0) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sqrt{\frac{Z_0}{\epsilon_r}}$$

$$W_0 = \left\{ \frac{Z_0}{\epsilon_r} \right\}$$

Dimana:

W_0 = lebar saluran mikrostrip

Z_0 = 50 Ω

h = tinggi substrat (mm)

= konstanta dielektrik 4.2

π = 3.14

2.4 Boscam 5.8G TS351 dan RC 305

Boscam 5.8G TS351 merupakan modul *transmitter* video yang bekerja pada frekuensi 5645MHz - 5945MHz. Fungsi dari Boscam TS351 yaitu mengirimkan gambar yang di tangkap oleh kamera yang terpasang pada UAV ke *groundstation* secara *realtime*. Range frekuensi tersebut di bagi menjadi 8 *channel* dan dapat dipilih sesuai keinginan, pemilihan *channel* bertujuan agar tidak menginterferensi UAV lain yang menggunakan modul yang sama. Berikut merupakan spesifikasi modul Boscam 5.8G TS351

TX Specifications:

- 5.8G 200mW AV wireless transmitter
- Transmitter frequency : 5645-5945MHz; 8CH
- Transmitting Power : 200mW/23dBm
- Transmitting distance : 500m (open area)



Gambar 2.4 Boscam 5.8G TS351

Sedangkan untuk Boscam 5.8G RC305 merupakan modul *receiver* yang bekerja pada frekuensi yang sama dengan Boscam TS 351 yaitu 5.645 -5.945 GHZ. Fungsi dari Boscam 5.8 RC305 yaitu

menerima sinyal yang dikirim dari modul *transmitter* dan dikonversikan ke monitor untuk menampilkan gambar yang di tangkap oleh modul *transmitter*.

RX specifications :

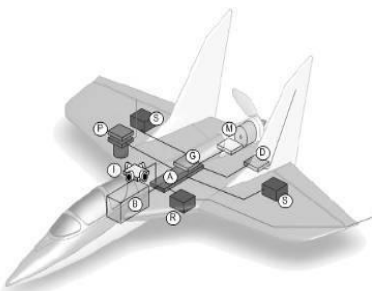
- 5.8G wireless AV receiver
- Receiving frequency : 5645-5945MHz,8CH
- Receiving sensitivity : -90dBm



Gambar 2.6 Boscama 5.8G RC305

2.5 UAV Overview

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) merupakan jenis pesawat terbang yang dikendalikan alat sistem kendali jarak jauh lewat gelombang radio. UAV merupakan sistem tanpa awak (Unmanned System), yaitu sistem berbasis elektro-mekanik yang dapat melakukan misi-misi terprogram, dengan karakteristik: (i) tanpa awak pesawat, (ii) beroperasi pada mode mandiri baik secara penuh atau sebagian.



Gambar 2.6 Bagian dari pesawat udara nirawak

A = Autopilot kontrol

B = Baterai

D = *Datalink* radio modem dan antenna

G = Penerima GPS

I = Sensor IR

M = Motor dan kontrol

R = Penerima RC dan antenna

S = Servo

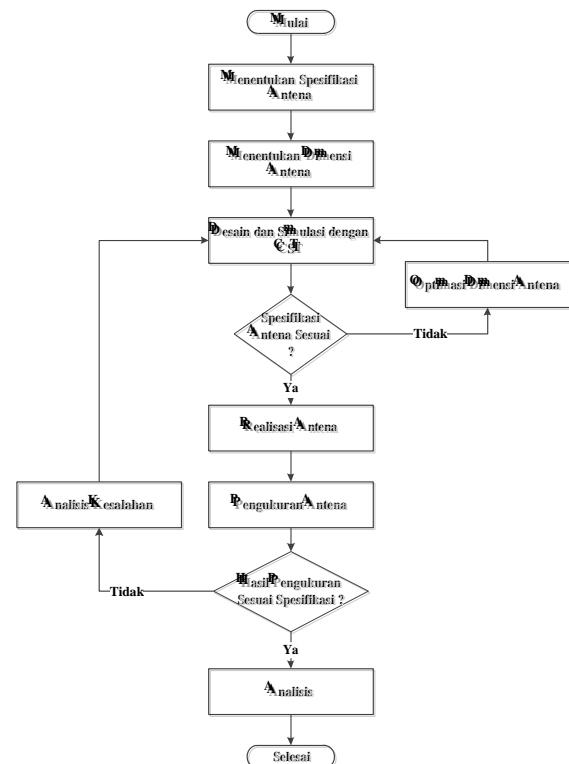
P = Payload, kamera dan pemancar video

3. Perancangan

3.1 Langkah Perancangan

Pada pembuatan tugas akhir ini dilakukan dengan melakukan perancangan dan langkah demi langkah dari awal hingga analisis akhir perancangan, yang sesuai dengan diagram alir Gambar 3.1. Langkah perancangan dimulai dengan studi mengenai modul transmisi Boscama TS351 yang akan dijadikan referensi untuk penentuan dari antenna yang akan dirancang. Setelah spesifikasi

antenna telah ditentukan, selanjutnya dilakukan peninjauan parameter-parameter untuk memahami perilaku dan karakteristik dasar dari antenna. Hal ini sangat membantu dalam hal perancangan karena mempermudah langkah optimasi menggunakan simulator antenna. Setelah hasil dari optimasi didapatkan sesuai spesifikasi, selanjutnya dilakukan fabrikasi dan pengukuran untuk validasi. Jika hasil pengukuran tidak valid, maka dilakukan proses optimasi kembali menggunakan simulator antenna dan begitu seterusnya. Jika hasil pengukuran sudah valid, maka selanjutnya dilakukan analisis terhadap antenna yang telah berhasil dirancang.



Gambar 3.1 Diagram Perancangan Antenna

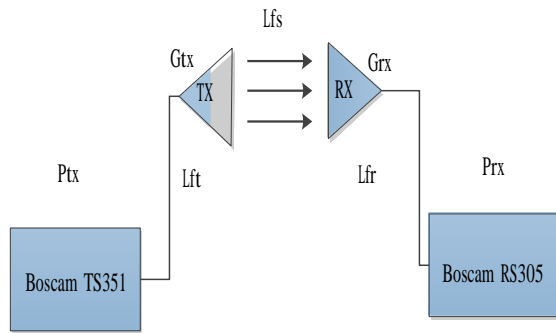
3.2 Penentuan Spesifikasi

Tahap pertama yang dilakukan dalam perancangan adalah menentukan spesifikasi antenna yang akan dirancang, dalam perancangan ini diharapkan dapat memberikan karakteristik hasil, sebagai berikut :

1. Frekuensi Resonansi : 5.645 - 5.945 GHz
2. *Bandwidth* : 300 MHz
3. VSWR : ≤ 2
4. Gain : ≥ 2.9 dB
5. Pola Radiasi : Unidireksional
6. Polarisasi : Linier
7. Impedansi : 50 Ω

Antenna mikrostrip rektanguler yang dirancang bekerja pada frekuensi 5.645-5.945GHz dan memiliki *bandwidth* sebesar 300MHz, pemilihan frekuensi resonansi di sesuaikan dengan teknologi modul *transmitter* Boscama 5.8G TS351. Sedangkan

gain sendiri di dapatkan dari hasil perhitungan *free space propagation model*.



Gambar 3.2 skematik komunikasi UAV Dengan

menggunakan analisis *link budget*, maka untuk persamaan berikut berlaku

- P_{tx} = Power Transmite (dBm)
- P_{rx} = Power Receive (dBm)
- Threshold = Level Daya Penerima (dBm)
- Fading Margin = Fading Margin (dB)
- L_{ft} = Loss Feeder in Transmite (dB)
- L_{fr} = Loss Feeder in Receive (dB)
- L_{fs} = Loss Free Space (dB)
- G_{tx} = Gain Transmite (dBi)
- G_{rx} = Gain Receive (dBi)

Perhitungan L_{fs} $L_{fs}(dB) = 32.45 + 20 \log f_{(MHz)} + 20 \log d_{(km)}$
 Dimana :
 L_{fs} = Rugi-rugi lintasan
 f = Frekuensi resonansi terbesar
 d = Jarak yang ingin di capai : 1 Km (asumsi)

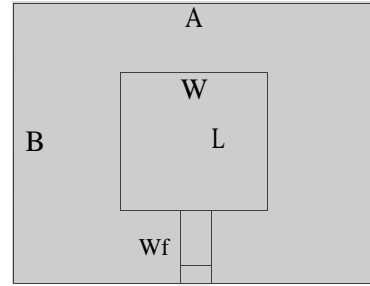
Maka
 $L_{fs} = 32.45 + 20 \log 5945 + 20 \log 1 = 107.9 \text{ dB}$

Karena pada wahana tidak memakai kabel maka L_{ft} dan L_{fr} di anggap 0. *Fading margin* yang diberikan 10dB dan *gain receive* adalah 2dB yang merupakan antenna dipole pada modul penerima.

-0

3.3 Spesifikasi dan Simulasi Dimensi Antena

Dalam perancangan suatu antenna, frekuensi kerja dari suatu antenna sangat mempengaruhi dalam menentukan dimensi antenna secara umum. Dari persamaan (2.1) dapat dilihat hubungan antara frekuensi dan lebar patch antenna microstrip dimana semakin tinggi frekuensi kerja suatu antenna microstrip maka semakin kecil dimensi antenna tersebut.

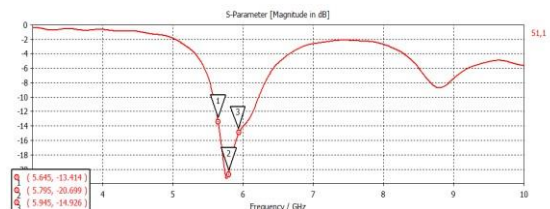


Gambar 3.3 Antena Mikrostrip Rektangular

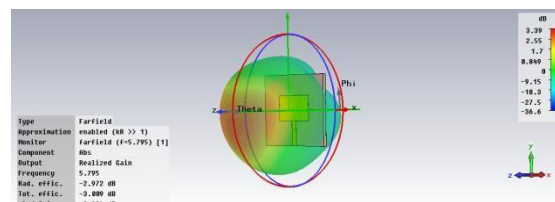
Pada hasil simulasi di masih terdapat beberapa parameter yang belum terpenuhi. Perlu dilakukan beberapa optimasi untuk memenuhi parameter antenna mikrostrip agar sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang di awal. Parameter tersebut meliputi panjang patch, lebar patch, panjang grounplane, panjang groundplane dan lebar catuan, berikut merupakan tabel hasil optimasi pada antenna mikrostrip rectangular

Parameter	Dimensi sebelum optimasi	Dimensi setelah optimasi
Lebar Patch(W)	16 mm	22.6 mm
Panjang Patch(L)	12 mm	11.75 mm
Lebar Groundplane(A)	25.6 mm	45 mm
Panjang Groundplane(B)	21.6 mm	33 mm
Lebar Catuan(Wf)	3.17 mm	3.115 mm
Tebal Konduktor(t)	0.035 mm	0.035 mm
Tebal Substrat(h)	1.6 mm	1.6 mm

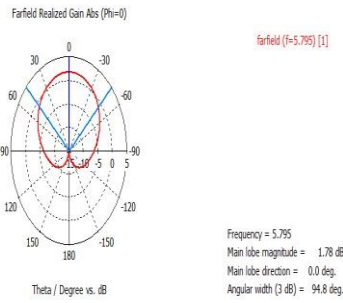
Tabel 3.1 parameter simensi antenna



Gambar 3.4 S-Parameter Setelah Optimasi



Gambar 3.5 Gain Setelah Optimasi



Gambar 3.6 Pola Radiasi Setelah Optimasi

Melihat gambar 3.4 *bandwidth* sebesar 300MHz dan VSWR dibawah 2 yang di inginkan sudah tercapai. Gain sebesar 2.9dB juga sudah sesuai dengan spesifikasi yang terlihat pada gambar 3.5. Lalu pola radiasi pada gambar 3.6 yang dihasilkan juga sudah terbilang baik.

4. Pengukuran

4.1 Pengukuran Return Loss, VSWR, dan Impedansi

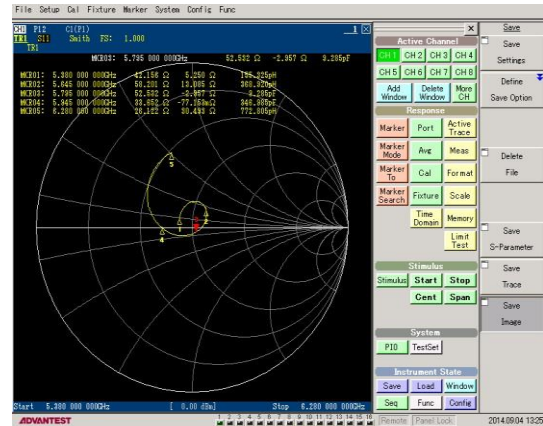
Pengukuran dengan *Network Analyzer* ini dilakukan dengan rentang frekuensi dari 5 GHz sampai dengan 6 GHz. Hasil pengukurannya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Return Loss



Gambar 4.2 Grafik Pengukuran VSWR



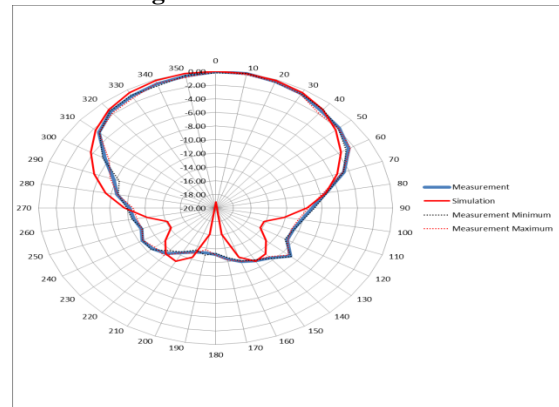
Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Impedansi

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran VSWR, Return Loss dan Impedansi Input

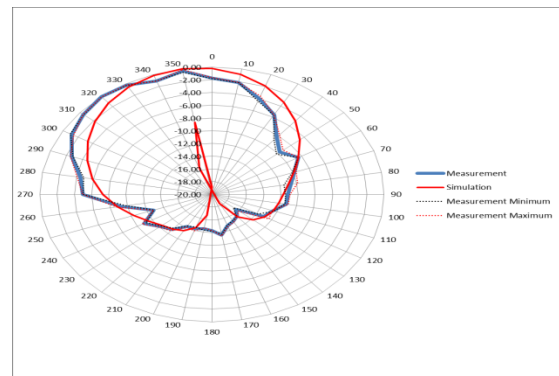
Frekuensi (GHz)	VSWR	Return Loss (dB)	Impedansi (Ω)	
			Riil	Imajiner
5.645	1.33	-16.973	58.201	13.085
5.795	1.079	-28.395	52.532	-2.957
5.945	1.485	-14.181	33.652	-77.153

Dari hasil pengukuran pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada $VSWR \leq 2$, nilai frekuensi bawah (f_l) adalah 5.645 GHz sedangkan nilai frekuensi atas (f_u) adalah 5.945 GHz

4.2 Pengukuran Pola radiasi



Gambar 4.5 Pola Radiasi Azimuth



Gambar 4.6 Pola Radiasi Elevasi

4.3 Pengukuran Gain

Pada proses pengukuran, pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali karena adanya fluktuasi di level daya penerimaan yang kemudian nantinya diambil rata-rata. Untuk pengambilan datanya dilakukan pada frekuensi tengah 5.795 GHz. Hasil pengukuran *gain* dapat dilihat dari tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Gain

Pengukuran	Antena	
	AUT	Referensi
1	-28.17	-23.31
2	-28.32	-23.56
3	-28.02	-23.47
4	-28.22	-23.42
5	-28.45	-23.51
6	-28.25	-23.37
7	-28.36	-23.35
8	-28.11	-23.44
9	-28.29	-23.39
10	-28.37	-23.52
Rata-rata	-28.26	-23.43

Dari hasil pengukuran yang diperoleh seperti pada tabel dilampiran, maka kita dapat mengetahui *gain* yang dihasilkan oleh antenna yang direalisasikan. Besarnya *gain* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{AUT} = \text{Gain antenna yang diukur}$$

$$P_{referensi} = \text{Daya terima antenna referensi}$$

$$P_{AUT} = \text{Daya terima antenna yang diukur}$$

$$G_{referensi} = \text{Gain antenna referensi, dalam pengukuran ini}$$

digunakan antenna *horn* dengan *gain* sebesar 8 dBi.
Gain antenna pada frekuensi 5.795 GHz :

$$3.17 \text{ dBi}$$

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi ini adalah sebagai berikut:

1. Antena yang dirancang dan direalisasikan dapat bekerja pada rentang frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi yaitu 5.645 GHz – 5.945 GHz dengan hasil pengukuran VSWR yang lebih kecil dari spesifikasi yg di

simulasikan yaitu di bawah 1.5 dan bandwidth 300MHz. Gain antenna yang dihasilkan pada pengukuran juga lebih kecil dari hasil simulasi, namun masih sesuai dari spesifikasi yang diharapkan yaitu 3.17dB.

2. Pola radiasi yang dihasilkan antenna adalah unidireksional. Sedangkan polarisasi yang dihasilkan antenna adalah ellips.
3. Spesifikasi antenna mikrostrip yang rancang sudah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan perangkat transmitter Boscawen 5.8G TS351 yaitu memiliki pola radiasi unidireksional dan dapat bekerja pada frekuensi 5.645-5.945 GHz sehingga antenna ini dapat diimplementasikan untuk perangkat AV wireless transmitter pada UAV.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan performansi antenna yang cukup baik, maka ada beberapa hal yang bisa dijadikan saran sebagai perkembangan ke depannya, antara lain:

1. Untuk mendapatkan hasil antenna mikrostrip yang lebih baik, disarankan untuk lebih selektif dalam memilih bahan substrat yang akan digunakan dan penentuan dimensi antenna.
2. Untuk meningkatkan performansi antenna, selain beberapa faktor di atas, disarankan juga untuk memperhatikan faktor-faktor lain, seperti: ketelitian dalam pemasangan konektor dan pengukuran antenna sebaiknya dilakukan di ruangan yang ideal seperti anechoic chamber dan menggunakan alat yang ukur yang ideal.
3. Fabrikasi antenna sebaiknya dilakukan dengan lebih presisi agar didapatkan hasil realisasi antenna yang sesuai dengan simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mudrik Alaydrus, Antena Prinsip dan Aplikasi, Graha Ilmu, Jogjakarta, Indonesia, 2011
- [2] J.R James and P.S. Hall, Handbook of Microstrip Antennas, Peter Peregrinus Ltd, London, 1989
- [3] A.K. Arya, A.Patnaik, and M.V. Kartikeyan, "Microstrip patch Antena With Skew-F Shaped DGS for Dual Band Operation", Progress In Electromagnetics Research M, Vol. 19, 2011
- [4] Fauzi, Ahmad, "Perancangan dan Implementasi Antena mikrostrip Slot rectangular Array Untuk Aplikasi WIMAX Pada Range Frekuensi 3.3GHz-3.7GHz". Tugas Akhir Institut Teknologi Telkom. 2010
- [5] Stutzman, Warren L. and G. A. Thiele. 1981. Antenna Theory and Design. New York: John Wiley and Son, Inc.

- [6] Kraus, Jhon Daniel. 2006. Antennas for all Applications . New York: McGraw Hill International.
- [7] Balanis, Constantine A. 2005. "Antena Theory Analisis and Desain 3rd edition". United Stated: Wiliey InterScience
- [8] Ramesh, G, Bratiash, Prakash, "Microstrip Antena Design Handbook", Artech House, London, 2000
- [9] Krauss, John D. 1998. "Antennas".United Stated: McGraw-Hill Book Company.
- [10] L. H Weng, Y. C. Guo, X. W. Shi, and X. Q. Chenan Overview on "Defect Ground Structure", Progress In Electromagnetics Research B Vol.7, 2008