

Realisasi Antena Receiver ADS-B dan Transmitter S-Band untuk Satelit Nano

1st Ilyasa Affan Arinto
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

ilyasaaffan@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Nachwan Mufti Adriansyah
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

nachwanma@telkomuniversity.ac.id

3rd Edwar
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

edwarm@telkomuniversity.ac.id

Penelitian ini fokus pada perancangan dan optimasi antena mikrostrip untuk sistem pemantauan udara menggunakan ADS-B dan frekuensi S-Band. Hasil simulasi menunjukkan pengukuran parameter antena seperti return loss, VSWR, polarisasi, dan gain. Proses optimasi melibatkan penggunaan metode multi layers substrat dan truncated corner pada antena ADS-B, serta penerapan material Electromagnetic Band Gap (EBG) pada kedua antena. Meskipun hasil pengukuran return loss dan VSWR antena masih memiliki perbedaan dengan simulasi, pola radiasi dan polarisasi tetap sesuai dengan prediksi simulasi. Namun, nilai gain antena ADS-B dan S-Band tetap rendah dibandingkan simulasi, mungkin akibat kualitas fabrikasi dan keterbatasan lingkungan pengukuran. Penelitian ini memberikan wawasan tentang penerapan antena mikrostrip dalam sistem pemantauan udara dan frekuensi S-Band, serta pentingnya optimasi untuk meningkatkan kinerja antena. Kata kunci— Kata kunci ADS-B, S-Band, pemantauan Udara, Optimasi

I. PENDAHULUAN

Peningkatan signifikan terjadi dalam perkembangan satelit nano, terutama jenis Cubesat, dalam dekade terakhir. Keunggulan kompleksitas yang lebih rendah dibandingkan satelit tradisional menjadi pendorong utama perkembangan ini [1] [2]. Hal ini menjadikan fungsi dan misi satelit nano semakin bervariasi, termasuk dalam pengamatan permukaan bumi, manajemen bencana, sektor ekonomi, sosial, politik, budaya, serta pemantauan transportasi dan keamanan.

Sistem pelacakan pesawat saat ini umumnya mengandalkan radar, namun terbatas dalam pembaruan posisi secara real-time dan terkendala oleh awan [3] [4]. Cakupan radar yang terbatas di wilayah laut mengindikasikan perlunya satelit sebagai solusi untuk pemantauan lalu lintas udara yang efektif, terutama di wilayah laut yang mencakup 67% wilayah Indonesia [5]. Menanggapi kebutuhan pemantauan udara yang meningkat, studi dan pengembangan sistem Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) berbasis satelit nano menjadi sangat relevan [4].

Hal ini juga sejalan dengan upaya pengembangan teknologi pemantauan aeronautika dalam ruang udara Indonesia. Salah satu kontribusi terbaru adalah pengembangan sistem ADS-B sebagai muatan utama pada satelit nano.

II. KAJIAN TEORI

A. ADS-B

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) adalah suatu sistem pemantauan yang menghubungkan fasilitas pengendali lalu lintas udara di darat dengan pesawat yang berada di udara [4]. Teknologi ini merupakan bagian dari perkembangan dalam bidang pemantauan penerbangan untuk mengawasi ruang udara Indonesia.

B. S-Band

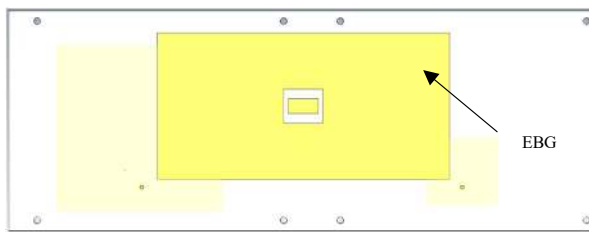
Spektrum S-Band merupakan bagian dari rentang gelombang mikro elektromagnetik yang telah ditentukan oleh standar yang disusun oleh IEEE untuk frekuensi gelombang radio. Kisaran frekuensi yang diakomodasi oleh S-Band berkisar antara 2 hingga 4 GHz, yang memotong batas tradisional antara UHF (Ultra High Frequency) dan SHF (Super High Frequency), tepatnya pada 3 GHz [6].

C. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip memiliki berbagai keunggulan, termasuk bobot yang ringan dan dimensi yang kompak, mampu beroperasi dalam mode tunggal, ganda, atau banyak pita frekuensi, serta memiliki kemampuan menghasilkan polarisasi linier atau sirkular [7]

D. EBG

EBG (*Electromagnetic Band Gap*) merupakan sebuah metode yang menambahkan material konduktor. Tujuan dari penerapan metode EBG adalah meningkatkan *gain* dan mengurangi *back radiation* [8]. Pada antena ADS-B dan S-Band letak EBG terletak pada layer 3 diatas substrat paling bawah. Berikut pada gambar 4.39 terdapat tampilan penerapan Metode EBG.



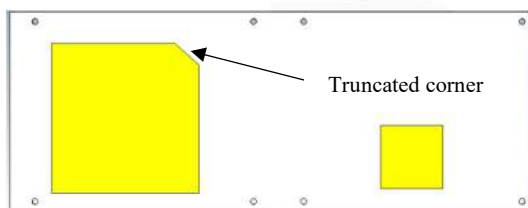
Gambar 1 Penerapan Metode EBG

E. Multi Layers

Multi layers substrat merupakan metode yang menggunakan substrat dengan *layer* yang lebih dari 1. Pada desain antenna ADS-B dan S-Band ini Penulis 3 menggunakan 3 *layers* substrat dengan total tebal substrat 4.8 mm. Penggunaan metode pada antenna ditujukan untuk meningkatkan nilai *gain* [9].

F. Truncated Corner

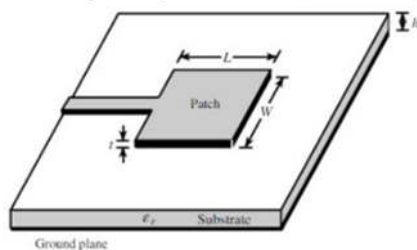
Truncated Corner merupakan metode yang memotong sebagian tepi *patch* antenna. Tujuan penerapan metode *truncated corner* adalah agar menghasilkan polarisasi melingkar atau polarisasi sirkular [10]. Hanya antenna ADS-B saja yang menerapkan metode *truncated corner*. Berikut pada gambar 4.38. terdapat tampilan penerapan metode *truncated corner* pada antenna ADS-B.



Gambar 2 Penerapan Metode Truncated Corner

III. DESAIN SISTEM DAN REALISASI ANTENA

Tipe antenna yang digunakan dalam penelitian ini adalah antenna mikrostrip. Antenna mikrostrip dipilih karena memiliki dimensi kecil, sehingga biaya pembuatan dapat ditekan. Kelebihan lainnya adalah kemudahan dalam proses fabrikasi. Struktur antenna mikrostrip terdiri dari tiga lapisan, yakni patch, substrat, dan groundplane.



Gambar 3 Layers pada Antena Mikrostrip

Dalam proses pembuatan antenna mikrostrip, langkah awal adalah menentukan dimensi antenna. Untuk melakukan hal ini, dapat digunakan rumus perhitungan sebagai berikut.

Formula untuk menghitung lebar patch antenna:

$$W = \frac{c}{2f \sqrt{\frac{\epsilon_R + 1}{2}}} [1]$$

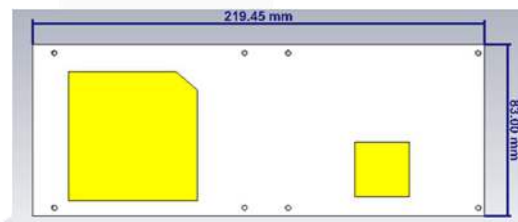
Dimana f merupakan frekuensi kerja antenna, c merupakan kecepatan Cahaya, dan merupakan konstanta dielektrik relatif. Selanjutnya, untuk menghitung panjang patch antenna dapat menggunakan formula berikut:

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 0.824h \left(\frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right) [1]$$

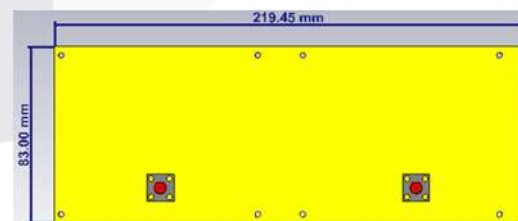
Dalam konteks ini, ϵ_{eff} melambangkan konstanta dielektrik efektif, dan h mewakili ketebalan lapisan dielektrik. Dimensi patch yang telah dihitung dapat dimodifikasi untuk mencapai parameter-parameter yang diinginkan, seperti VSWR, gain, pola radiasi, dan polarisasi antenna.

Proses penentuan dimensi substrat dan groundplane disesuaikan dengan ruang yang tersedia pada satelit kubus. Ukuran substrat dan groundplane adalah 219.45 x 83 mm, tetapi dimensi substrat tetap dipertahankan agar antenna yang dirancang kompatibel dengan satelit kubus yang telah ada.

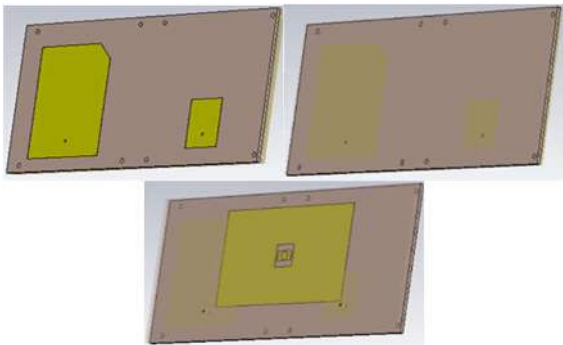
Rancangan antenna untuk ADS-B dan S-Band diterapkan dengan metode *multi layers substrat* (substrat berlapis), metode EBG dan sudut *patch* yang dipangkas (*truncated corner*). Ilustrasi pada Gambar 5 menunjukkan desain antenna tersebut, dimana patch yang terletak di sisi kiri mewakili antenna untuk frekuensi ADS-B, sementara patch yang berada di sisi kanan mewakili antenna untuk frekuensi S-Band.



Gambar 4 Desain Antena ADS-B dan S-Band Tampak Depan



Gambar 5 Desain Antena ADS-B dan S-Band Tampak Belakang



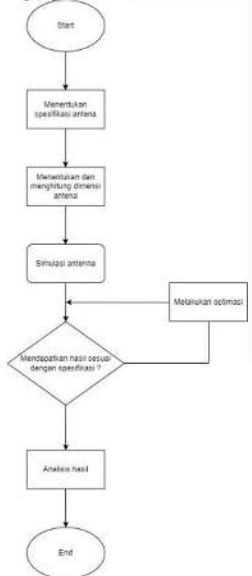
Gambar 6 Desain Antena pada Setiap Lapisannya

Berikut juga beberapa keterangan tambahan terkait dengan desain antena ADS-B dan S-Band.

Tabel 1 Parameter Penyusun Antena

No	Parameter	Ukuran (mm) atau keterangan
1	Panjang Antena	219.45
2	Lebar Antena	83
3	Tebal <i>Groundplane</i>	0.035
4	Tebal Substrat	1.6
5	Bahan Substrat	fr-4

Berikut alur pengerjaan antena ADS-B dan S-Band.



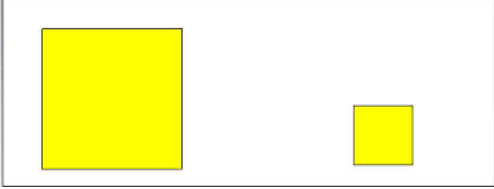
Gambar 7 Alur Pengerjaan Antena ADS-B dan S-Band

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

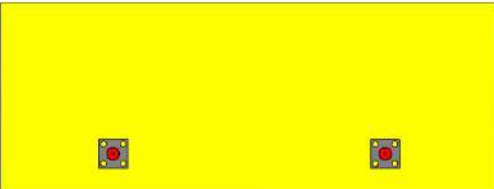
A. Simulasi Pertama

Setelah melalui simulasi awal, parameter-parameter seperti return loss, VSWR, polarisasi, pola radiasi, dan gain telah dihasilkan. Berikut ini adalah hasil simulasi awal untuk

antena pada frekuensi ADS-B dan S-Band yang terdapat pada gambar 8 dan 9.

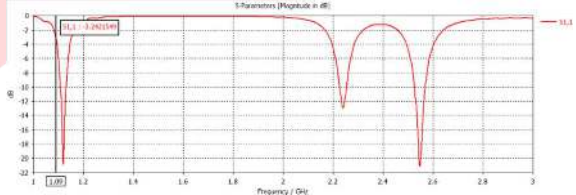


Gambar 8 Antena ADS-B dan S-Band Pertama Tampak Depan



Gambar 9 Antena ADS-B dan S-Band Pertama Tampak Belakang

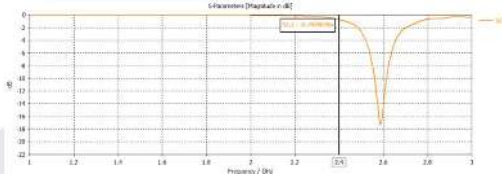
• Simulasi *Return Loss* Antena ADS-B



Gambar 10 Hasil Simulasi Pertama *Return Loss* ADS-B

Dari data simulasi, tercatat *return loss* sebesar -3,24 dB yang terdokumentasi pada gambar 10. Hasil ini mengindikasikan bahwa performa antena kurang optimal dalam frekuensi ADS-B (1090 MHz).

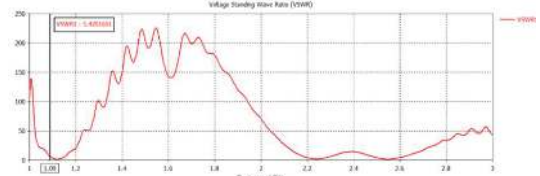
Antena S-Band



Gambar 11 Hasil Simulasi Pertama *Return Loss* S-Band

Dari hasil simulasi terlihat bahwa terdapat *return loss* sebesar -0,74 dB yang tercatat pada gambar 11. Hasil ini mengungkapkan bahwa antena mengalami kinerja yang kurang optimal dalam frekuensi S-Band (2400 MHz).

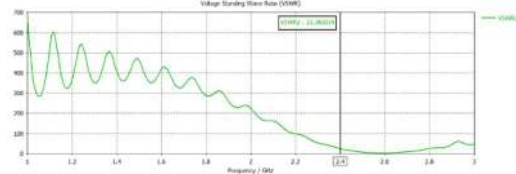
• Simulasi VSWR Antena ADS-B



Gambar 12 Hasil Simulasi Pertama VSWR ADS-B

Dari ilustrasi tersebut, tercatat bahwa antena ADS-B memiliki nilai VSWR sebesar 5.42, yang dapat diidentifikasi dalam gambar 12.

Antena S-Band

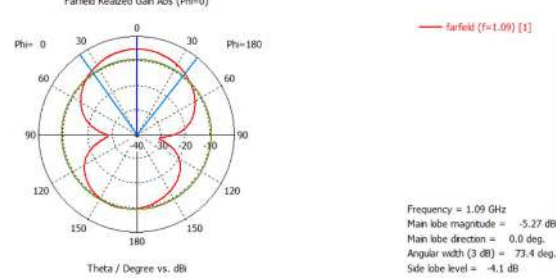


Gambar 13 Hasil Simulasi Pertama VSWR S-Band

Dari ilustrasi tersebut, tercatat bahwa antena S-Band memiliki nilai VSWR sebesar 23.36, yang dapat diidentifikasi dalam gambar 13.

- Simulasi Gain dan Pola Radiasi

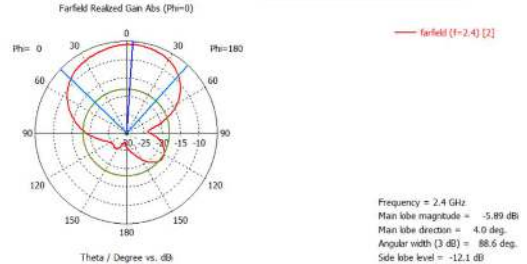
Antena ADS-B



Gambar 14 Hasil Simulasi Pertama Gain ADS-B

Melalui hasil simulasi, terdeteksi bahwa gain antena mencapai -5.77 dBi dengan karakteristik pola radiasi omnidireksional, yang terlihat dalam gambar 14.

Antena S-Band

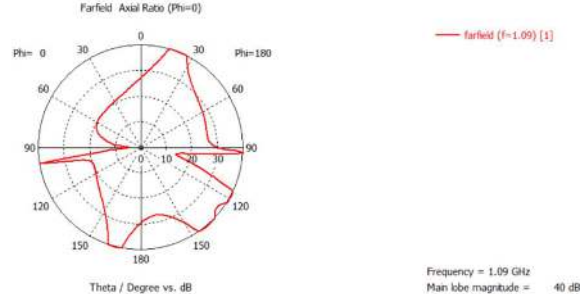


Gambar 15 Hasil Simulasi Pertama Gain S-Band

Dari hasil simulasi, tercatat bahwa antena memiliki gain sebesar -5.89 dBi dengan karakteristik pola radiasi yang mengarah ke satu arah (unidireksional), yang dapat diamati pada gambar 15.

- Simulasi Polarisasi

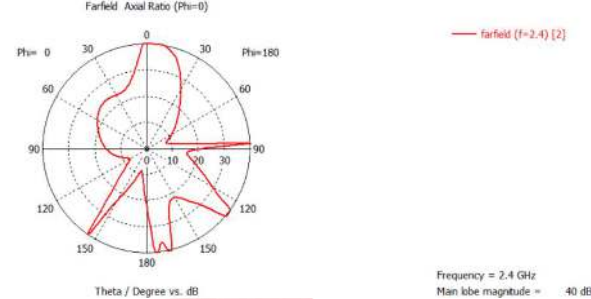
Antena ADS-B



Gambar 16 Hasil Simulasi Pertama Polarisasi ADS-B

Hasil simulasi mengungkapkan bahwa polarisasi antena ADS-B memiliki bentuk elips, yang dapat divisualisasikan dalam gambar 16.

Antena S-Band



Gambar 17 Hasil Simulasi Pertama Polarisasi S-Band

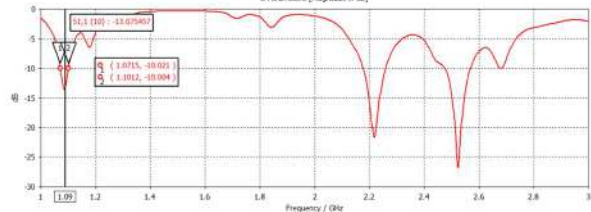
Simulasi menghasilkan informasi bahwa polarisasi antena S-Band memiliki karakteristik bentuk elips, yang terdapat dalam gambar 17.

B. Optimasi

Dalam usaha meningkatkan performa antena yang telah dirancang sebelumnya, dilakukan proses optimasi dengan mengimplementasikan sejumlah metode tambahan. Langkah ini ditujukan untuk memperbaiki beberapa parameter, termasuk gain, pola radiasi, dan polarisasi. Penerapan metode optimasi pada antena ADS-B dan S-Band meliputi penggunaan substrat multi lapis, sudut sudut yang dipangkas (truncated corner), serta menggunakan material Electromagnetic Band Gap (EBG).

- Optimasi Return Loss

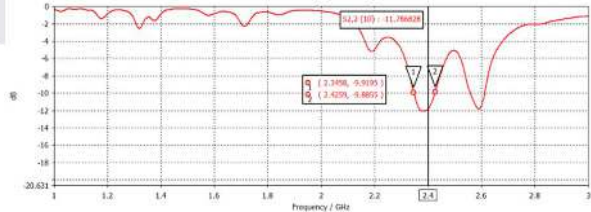
Antena ADS-B



Gambar 18 Optimasi Return Loss ADS-B

Melalui proses optimasi, dicapai hasil *return loss* dengan nilai -13.07, yang terlihat pada gambar 18. Hasil ini mengindikasikan bahwa antena mampu beroperasi secara efektif dalam frekuensi ADS-B (1090 MHz).

Antena S-Band

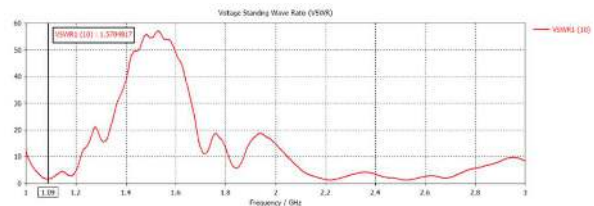


Gambar 19 Optimasi Return Loss S-Band

Melalui proses optimasi, tercapai nilai *return loss* sebesar -11.76 dB yang dapat diobservasi pada gambar 19. Temuan ini mengesankan bahwa antena mampu berfungsi secara optimal dalam frekuensi S-Band (2400 MHz).

- Optimasi VSWR

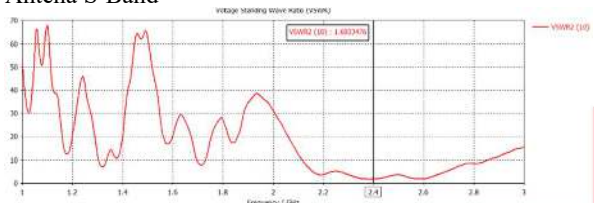
Antena ADS-B



Gambar 20 Optimasi VSWR ADS-B

Dari ilustrasi sebelumnya, terlihat bahwa antenna ADS-B memiliki nilai VSWR sebesar 1.57, yang tercatat dalam gambar 20.

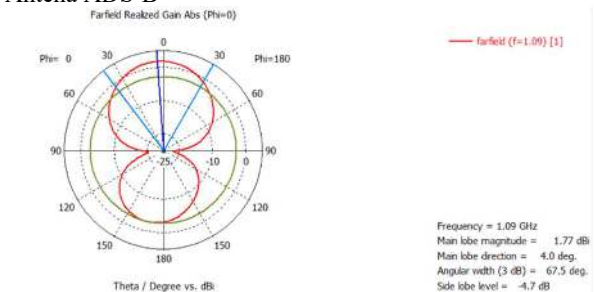
Antena S-Band



Gambar 21 Optimasi VSWR S-Band

Dari gambar yang tertera, diperoleh informasi bahwa antenna S-Band menunjukkan nilai VSWR sebesar 1.69, yang terdokumentasi dalam gambar 21.

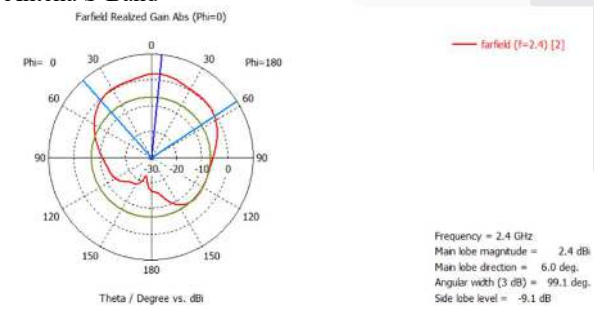
- Optimasi Gain dan Pola Radiasi Antena ADS-B



Gambar 22 Optimasi Gain dan Pola Radiasi ADS-B

Melalui proses optimasi, tercapai nilai gain sebesar 1.77 dBi dengan karakteristik pola radiasi omnidireksional, yang dapat divisualisasikan dalam gambar 22.

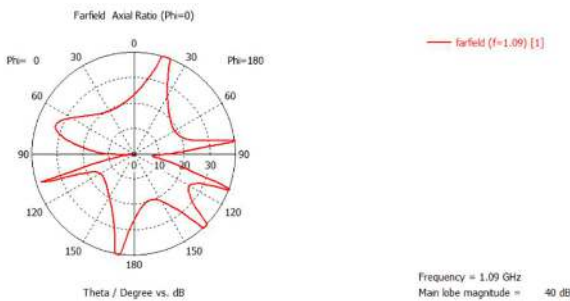
Antena S-Band



Gambar 23 Optimasi Gain dan Pola Radiasi S-Band

Melalui proses optimasi, berhasil mencapai nilai gain sebesar 2.4 dBi dengan karakteristik pola radiasi yang mengarah ke satu arah (unidireksional), gambaran ini terlihat dalam gambar 23.

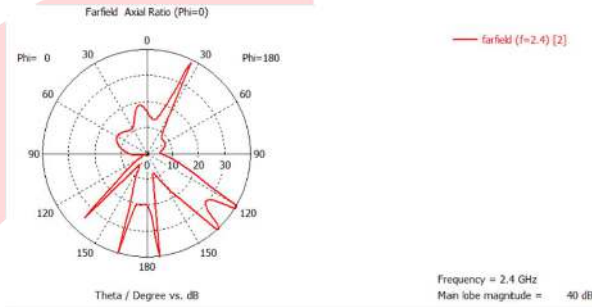
- Optimasi Polarisasi Antena ADS-B



Gambar 24 Optimasi Polarisasi ADS-B

Hasil optimasi mengindikasikan bahwa polarisasi antenna ADS-B memiliki bentuk elips, yang dapat divisualisasikan pada gambar 24.

Antena S-Band



Gambar 25 Optimasi Polarisasi S-Band

Optimasi antenna menghasilkan informasi bahwa polarisasi antenna pada frekuensi S-Band memiliki bentuk elips, yang terlihat pada gambar 25.

C. Testing dan Pengujian

Berikut adalah hasil pengujian beberapa parameter, seperti return loss, VSWR, pola radiasi, polarisasi, dan gain, yang telah dijelaskan di atas.

Tabel 2 Perbandingan Simulasi dan Pengujian antenna ADS-B dan S-Band

No.	Antena	Return Loss (dB)	VSWR	Pola Radiasi	Polarisasi	Gain (dBi)
1	Simulasi antenna ADS-B	-13.07	1.57	Omnidireksional	Elips	1.77
	Pengujian antenna ADS-B	-12.761	1.59	Omnidireksional	Elips	1.563
2	Simulasi antenna S-Band	-11.78	1.69	Unidireksional	Elips	2.4
	Pengujian antenna S-Band	-11.374	1.73	Unidireksional	Elips	1.863

- Pengujian *Return Loss* Antena ADS-B

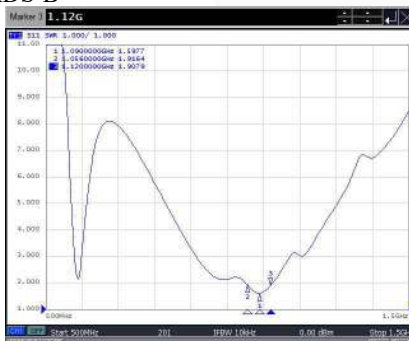
Gambar 26 Hasil Pengujian *Return Loss* ADS-B

Pengukuran return loss antena ADS-B dapat diobservasi pada titik penunjuk (marker) 1, dengan nilai -12.761 dB. Antena S-Band

Gambar 27 Hasil Pengujian *Return Loss* S-Band

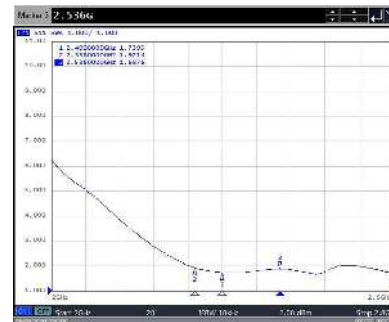
Pengukuran return loss antena S-Band terdapat pada titik penanda (marker) 1, dengan nilai -11.367 dB.

- Pengujian VSWR Antena ADS-B



Gambar 28 Hasil Pengujian VSWR ADS-B

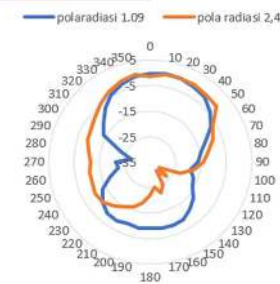
Informasi mengenai nilai pengukuran VSWR antena ADS-B terdapat pada posisi penunjuk (marker) 1, yang menunjukkan nilai sebesar 1.597. Antena S-Band



Gambar 29 Hasil Pengujian VSWR S-Band

Pengukuran nilai VSWR antena S-Band dapat teridentifikasi pada posisi tanda (marker) 1, yang menunjukkan nilai sebesar 1.739.

- Pengujian Pola Radiasi



Gambar 30 Hasil Pengujian Pola Radiasi ADS-B dan S-Band

Dari gambar radar di atas kita bisa mengetahui bahwa pola radiasi antena ADS-B adalah omnidireksional. Sedangkan untuk antena S-Band, pola radiasinya adalah unidireksional.

- Pengujian *Gain*

Sebelum menghitung *gain*, nilai FSL harus dihitung terlebih dahulu dengan menggunakan formula berikut.

$$FSL = 92.45 + 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log r_{(km)}$$

FSL ADS-B

$$FSL = 92.45 + 20 \log(1.09) + 20 \log(0.0006)$$

$$FSL = 28.761$$

FSL S-Band

$$FSL = 92.45 + 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log r_{(km)}$$

$$FSL = 92.45 + 20 \log(2.4) + 20 \log(0.0006)$$

$$FSL = 35.61$$

Keterangan:

f = frekuensi ADS-B (1.09 GHz) dan S-Band (2.4 GHz)

r = jarak pengukuran (0.0006 km)

Didapatkan nilai FSL ADS-B dan S-Band sebesar:

$$FSL_{ADS-B} = 28.761 \text{ dB}$$

$$FSL_{S-Band} = 35.61$$

Setelah itu kita dapat menghitung nilai *gain* dengan formula berikut.

$$G_{Rx} = S_{21} - G_{Tx} + L_{Tx} + FSL + L_{Rx}$$

Keterangan:

S_{21} = Rata-rata nilai S_{21} diukur selama setiap 10 detik selama 10 kali

G_{Tx} = Nilai gain dari antena *transmitter* (antena horn) pada frekuensi pengukuran

L_{Tx} = *Loss* kabel *transmit*

L_{Rx} = *Loss* kabel *receive*

FSL = Free Space Loss

Gain ADS-B

$$G_{Rx} = -24.498 - 7 + 1.5 + 28.761 + 1.5$$

$$G_{Rx} = 1.563 \text{ dBi}$$

Gain S-Band

$$G_{Rx} = -32.615 - 8 + 1.95 + 35.61 + 2.8$$

$$G_{Rx} = 1.863 \text{ dBi}$$

• Pengujian Polarisasi

Jenis polarisasi sendiri dapat kita ketahui dari indeks *axial ratio*. jika nilai *axial ratio* dibawah 3 maka disebut polarisasi sirkular. Jika $3 < \text{axial ratio} < 40$ maka disebut polarisasi elips. Jika *axial ratio* bernilai 40 maka disebut polarisasi linear.

Pada antena ADS-B memiliki nilai *axial ratio* sebesar 17.9 dB. Sedangkan untuk antena S-Band memiliki nilai *axial ratio* sebesar 19.45 dB. Kedua antena ini memiliki polarisasi elips.

V. KESIMPULAN

Hasil pengukuran return loss pada antena ADS-B dan S-Band menunjukkan nilai yang lebih tinggi daripada yang dihasilkan oleh simulasi, mengindikasikan bahwa performa pengukuran belum seoptimal simulasi. Demikian pula, nilai VSWR yang diukur juga belum mencapai tingkat kesesuaian yang diharapkan dengan simulasi. Meskipun demikian, pola radiasi dan polarisasi hasil pengukuran tetap sejalan dengan hasil simulasi. Perbedaan yang signifikan antara hasil pengukuran dan simulasi dapat diatribusikan kepada kualitas fabrikasi antena yang kurang optimal, serta faktor tambahan seperti ketidaksempurnaan peralatan dan lingkungan pengukuran yang kurang steril, yang berpotensi memengaruhi hasil akhir pengukuran.

REFERENSI

- [1] A. Y. Bagaskara, B. B. H and R. D. P, "PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP RECTANGULAR PATCH SEBAGAI PENERIMA TELEVISI".
- [2] Y. Alnaiemy and L. Nagy, "Further Investigation of The Feasibility of Using EBG Structure-Based Microstrip Antenna for Gain Enhancement," pp. 102-106, 2020.
- [3] E. Y. D. Utami, C. Prabelia, F. D. Setiaji and Y. Wahyu, "Peningkatan Gain dengan Teknik Multilayer Parasitic pada Perancangan Antena Mikrostrip Persegi Panjang 2,4 GHz," vol. 11, pp. 72-78, 2019.
- [4] M. I. L. Prasetyani, S. Alam and I. Surjati, "Perancangan Antena Mikrostrip Array Menggunakan Metode Truncated Corner dengan U-Slot pada Frekuensi 2,3 GHz," vol. 6, pp. 85-92, 2021.
- [5] F.D.Syahrizal, "Pengertian Automatic Dependent Surveillance Broadcast," 2021. [Online]. Available: <https://www.sdf-aviation.com/Automatic-Dependent-Surveillance-Broadcast>.
- [6] M. D, "Nanosatellites are the Future of Satellites: Earth Observation Now Smaller, Cheaper Than Ever.," 13 October 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencetimes.com/articles/33939/20211013/nanosatellites-future-satellites-earth-observation-now-smaller-cheaper.htm..> [Accessed 31 December 2022].
- [7] "Federal Aviation Administration," United States Departement of Transportation, 15 April 2022. [Online]. Available: https://www.faa.gov/air_traffic/technology/equipadsb/capabilities/benefits#:~:text=Radars%20can%20take%20anywhere%20from,hazardous%20situations%20quickly%20and%20effectively. [Accessed 20 December 2022].
- [8] F. A. P. Maharani, S. Soim and M. F. , "Rancang Bangun Sistem Pemantau Penerima Sinyal Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) Berbasis Raspberry Pi dan Antena Ground Plane sebagai Antena Penerima," vol. 9, 2022.
- [9] O. P, "Konservasi Perairan Sebagai Upaya menjaga Potensi Kelautan dan Perikanan Indonesia," 1 July 2020. [Online]. Available: <sebagai-upaya-menjaga-potensi-kelautan-dan-perikanan-indonesia#:~:text=Terbentang%20dari%20Sabang%20hingga%20Merauke,juta%20km2%20yang%20berupa%20daratan..> [Accessed 31 December 2022].
- [10] J. Zhou, F. Guo, J. Luo, G. Hao, G. Liu, Y. Hu, G. Zhang, H. Guo, H. Zhou and W. Jiang, "Designed 3D heterostructure with 0D/1D/2D hierarchy for low-frequency microwave absorption in the S-band," 2021.
- [11] I. Fadilah and K. Budayawan, "Desain dan Karakteristik Antena Mikrostrip Sebagai Sensor Non – Destructive," vol. 10, pp. 1-7, 2022.