

Antena Mikrostrip Circular Array 4 Patch 1090 MHz Dengan MIMO 2X2 Untuk Penerima ADS-B Pada Pesawat Terbang

Microstrip Circular Array 4 Patch Antenna 1090 MHz With MIMO 2X2 For ADS-B Recipient On Aircraft

1st Ni Putu Mira Indrayani
Pertiwi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
miraindrayanipertiwi@studen
t.telkomuniversity.ac.id

2nd Rina Pudji Astuti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rinapudjiastuti@telkomuniver
sity.ac.id

3rd Bambang Setia Nugroho
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
bambangsetianugroho@telko
muniversity.ac.id

Abstrak—Automatic Dependent Surveillance Broadcast adalah sebuah sistem dirgantara yang telah banyak digunakan dalam setiap penerbangan baik nasional maupun internasional, sistem ADS-B biasanya terletak pada sebuah pesawat dimana pada system tersebut memberikan data – data yang berkaitan dengan penerbangan pesawat itu sendiri. Pada penelitian Tugas Akhir ini akan merancang antena menggunakan bahan substrat FR-4 dengan ketebalan 1.6 mm dan dielektrikalnya sebesar 4.3, lalu pada bagian patch, saluran transmisi, dan groundplane menggunakan bahan cooper dengan ketebalan 0.035 mm, bentuk antena mikrostrip ini memiliki patch sirkular dengan metode catuan proximity coupled dan akan di MIMO 2x2 dengan impedansi bertingkat yang dicatu dengan catuan array. Pada antena akan dilakukan analisis mulai single patch hingga MIMO 2x2 4 patch pada masing – masing antenanya. Hasil yang telah didapat dari seluruh perhitungan yang telah disimulasikan didapatkan nilai retrun loss sebesar -26.61 dB pada S1.1 dan -34.38 dB pada S2.1, lalu untuk nilai VSWR-nya didapatkan 1.09, bandwidth mendapatkan nilai sebesar 57.5 MHz, dan gain mendapatkan nilai sebesar 5.928 dBi yang dimana nilai ini sangat cocok untuk antena luar ruangan, dan untuk bentuk polarisasi antena ini berbentuk polarisasi linier, sedangkan pola radiasinya menghasilkan

bentuk pola radiasi unidirectional dalam keterarahannya, karena antena disusun secara horizontal sama rata.

Kata Kunci — ADS-B, ATC, Antena Mikrostrip, MIMO, Proximity coupled, Antena Array

Abstract—Automatic Dependent Surveillance Broadcast is an aerospace system that has been widely used in every flight, both national and international, the ADS-B system is usually located on an aircraft where the system provides data relating to the flight of the aircraft itself. In this final project, we will design an antenna using FR-4 substrate material with a thickness of 1.6 mm and a dielectric of 4.3, then on the patch, transmission line, and groundplane using cooper material with a thickness of 0.035 mm, the shape of this microstrip antenna has a circular patch with a circular patch method. proximity coupled supply and will be in 2x2 MIMO with graded impedance fed with array feed. The antenna will be analyzed starting from single patch to MIMO 2x2 4 patches on each antenna. The results that have been obtained from all the calculations that have been 3 simulated are that the return loss value is -26.61 dB at S1.1 and -34.38 dB at S2.1, then the VSWR value is 1.09, the bandwidth is 57.5 MHz, and the gain is 5.928 dBi which is very suitable for outdoor antennas, and for the

polarization form of this antenna it is in the form of linear polarization, while the radiation pattern produces a unidirectional radiation pattern in its direction, because the antennas are arranged horizontally equal.

Keywords—ADS-B, ATC, Microstrip Antenna, MIMO, Proximity coupled, Antenna, Array

I. PENDAHULUAN

Automated Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) adalah bagian dari teknologi control lalintas udara yang dapat menemukan lokasi pesawat menggunakan navigasi satelit Global Positioning System (GPS). Sistem GPS ini juga memungkinkan pesawat untuk mengirim posisi pesawat dan data penerbangan yang akurat (seperti ketinggian dan kecepatan) ke pesawat terdekat dan pengontrol lalu lintas udara. Penggunaan system tracking pesawat ini menggunakan teknologi RADAR (Radio Detection and Ranging) dengan kata lain RADAR menggunakan sistem refleksi yang membatasi jarak yang dapat mendeteksi objek [2]. Oleh karena itu, dibuatlah sistem bernama Automatic Dependent Surveillance Broadcasting (ADS-B) yang dapat memberikan informasi lebih lanjut tentang pesawat. Maka dari ini dibuatlah desain antenna dengan frekuensi 1090 MHz, gain 5 dBi, pola radiasi Unidirectional pada peralatan ADS-B yang mampu Menangkap sinyal transponder pesawat menggunakan Antenna Microstrip Circular Patch.

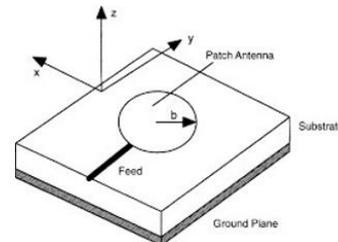
II. KAJIAN TEORI

A. Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)

Automated Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) adalah bagian dari teknologi control lalintas udara yang dapat menemukan lokasi pesawat menggunakan navigasi satelit Global Positioning System (GPS). Sistem GPS ini juga memungkinkan pesawat untuk mengirim posisi pesawat dan data penerbangan yang akurat (seperti ketinggian dan kecepatan) ke pesawat terdekat dan pengontrol lalu lintas udara. Oleh karena itu, dibuatlah sistem bernama Automatic Dependent Surveillance Broadcasting (ADS-B) yang dapat memberikan informasi lebih lanjut tentang pesawat.

B. Antena Mikrostrip Patch Circular

Patch sirkular merupakan salah satu bentuk patch yang sering digunakan selain rectangular patch. Dalam perancangan antenna mikrostrip dengan patch berbentuk sirkular, diperlukan konstanta dielektrik dari substrat yang ingin digunakan (ϵ_r) dan tebal dari bahan yang akan digunakan sebagai substrat (h)



GAMBAR 1
ANTENA MIKROSTRIP PATCH CIRCULAR

Untuk menentukan jari-jari patch antenna, dapat menggunakan persamaan:

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.1)$$

$$\alpha = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2.2)$$

$$\alpha_e = \alpha \left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2} \quad (2.3)$$

Sedangkan untuk menentukan dimensi grounplane dan subtract antenna dapat menggunakan persamaan berikut:

$$l_g = 6h + 2a \quad (2.4)$$

$$w_g = l_f + 2a + 6h \quad (2.5)$$

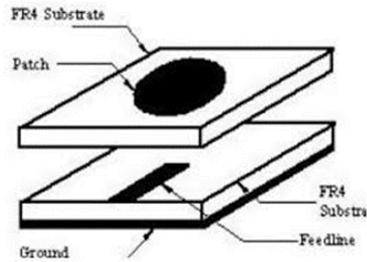
C. Antena Array

Antena mikrostrip array adalah pengembangan dari antenna mikrostrip yang merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi yang membentuk suatu jaringan. Ada beberapa macam konfigurasi antenna array, di antaranya linear, planar, dan sirkular [11]. Masing-masing konfigurasi memiliki keuntungan. Antena array planar adalah array dengan susunan elemen array membentuk area berbentuk kotak [11].

D. Proximity Coupled

Keuntungan utama dari teknik ini adalah meningkatkan ketebalan mikrostrip keseluruhan dari antenna patch, memungkinkan saluran untuk

menghilangkan radiasi nyasar dan menyediakan bandwidth yang sangat tinggi.



GAMBAR 2
PROXIMITY COUPLED

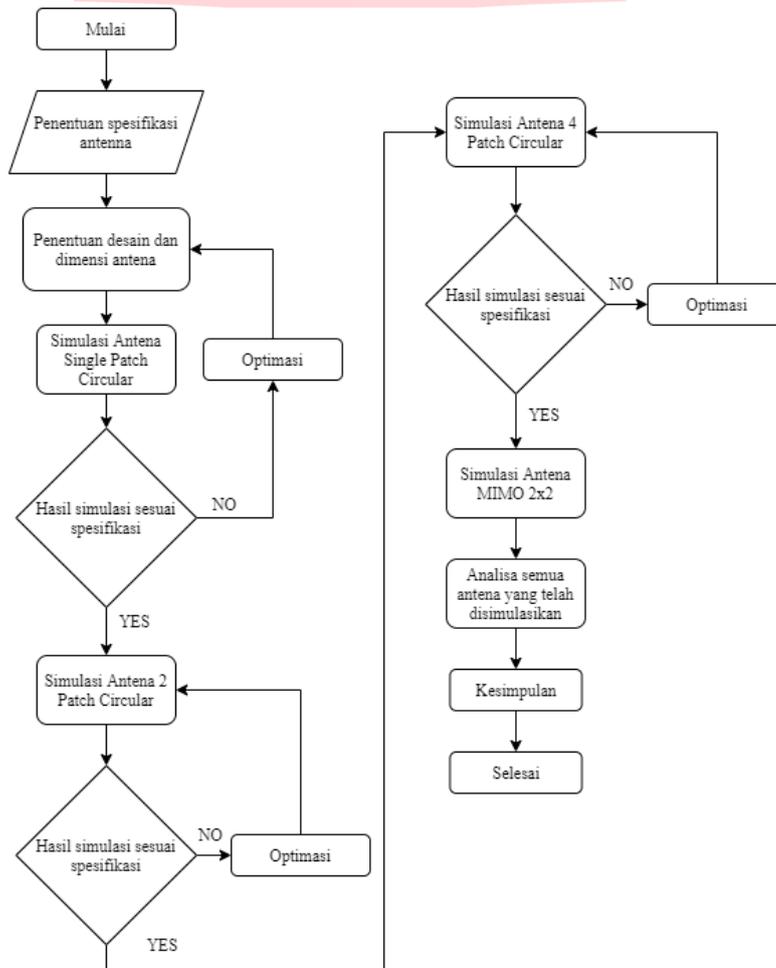
lebih dari satu antenna, Tujuannya ialah agar mengakibatkan sinyal pantulan menjadi penguat frekuensi utama sehingga tidak saling menggagalkan [21]. Dengan menggunakan sistem seperti ini, maka tidak hanya data yang dikirim bisa lebih banyak serta serta cepat bahkan jarak juga dapat diperluas.

III. METODE

A. Skema Perancangan

E. Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Penggunaan teknologi MIMO pada sebuah receiver dan transmitter memakai



GAMBAR 3
SKEMA PERANCANGAN

Merancang Antena Microstrip Circular Array 4 Patch MIMO 2x2 memerlukan beberapa tahapan kerja, maka dari itu berikut adalah diagram alir tahapan pengerjaan Tugas akhir :

B. Spesifikasi Antena

Spesifikasi antena yang diinginkan:

1. Bahan Substrat : FR4 Epoxy
2. Frekuensi kerja : 1090 MHz
3. Bandwidth : 50 MHz
4. VSWR : < 2
5. Return Loss : < -10
6. Impedansi : 50Ω
7. Polarisasi : Linier Vertikal
8. Pola Radiasi : Unidireksional

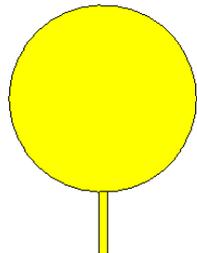
lebar salurnya juga akan dilakukan optimasi untuk memaksimalkan daya yang dihantarkan langsung menuju *patch* agar terjadi *matching impedance*.

Nilai *retrun loss* yang diperoleh dari hasil optimasi tersebut adalah sebesar -12.12 dB dan untuk nilai VSWR sendiri mendapatkan nilai 1.65 dimana kedua nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi pada nilai frekuensi yang ditentukan dan juga nilai *retrun loss* < -10 dB dan VSWR < 2 .

2. Simulasi Antena 2 Patch

C. Simulasi

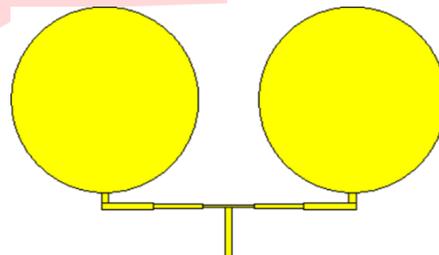
1. Simulasi Antena Single Patch



GAMBAR 4

ANTENA SINGLE PATCH

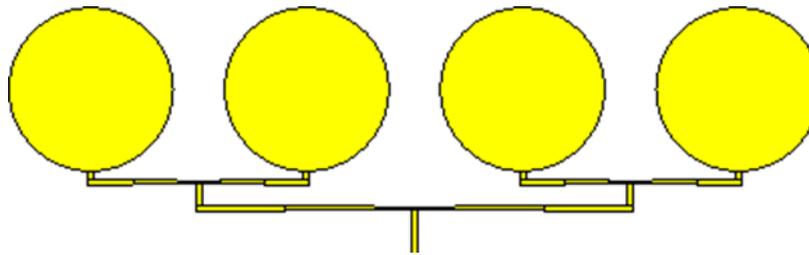
Pada simulasi antena *single patch* maka mendapatkan hasil yang kurang memuaskan dikarenakan perhitungan pada antena *single patch* sangatlah sulit untuk mendapatkan parameter yang diinginkan, maka untuk mendapatkan hasil yang lebih sesuai akan dilakukan optimasi pada besaran dimensi jari – jari *patch* untuk melihat daya keluaran antena dan dapat menggeser kepada frekuensi yang diinginkan, lalu untuk



GAMBAR 5
ANTENA 2 PATCH

Pada simulasi antena dua *patch* ini adalah antena *single patch* yang ditambahkan metode *array* pada saluran pembagi daya, dimana fungsional penambahan metode *array* pada antena ini dapat meningkatkan nilai *gain*. Simulasi antena 2 *patch* ini juga telah menerapkan metode catuan *proximity coupled* karena penggunaan catuan ini yang dapat meningkatkan lebar *bandwidth* pada sebuah antena. Selanjutnya pada tahap ini akan dilakukan optimasi dalam mencari nilai dari setiap parameter yang telah ditentukan dan diharapkan berada tepat pada frekuensi 1090 MHz. Untuk hasil yang didapatkan pada optimasi ini adalah nilai *retrun loss* sebesar -20.87 dB dan nilai VSWR sebesar 1.09

c. Simulasi Antena 4 Patch

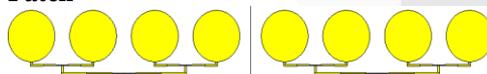


GAMBAR 6
ANTENA 4 PATCH

Pada antena *array 4 patch* ini akan langsung disimulasikan dengan menggunakan perhitungan yang telah dioptimasi pada antena *array 2 patch* sebelumnya. Pada optimasi antena ini akan dilakukan perubahan pada dimensi jari – jari *patch*, panjang dan lebar saluran impedansi serta dimensi substrat dan groundplane agar lebih sesuai dengan ukuran antena *array 4 patch* yang dirancang. Sehingga didapatkan nilai parameter yang telah dioptimasi diantaranya *retrun loss* sebesar -32.43 dB dan VSWR sebesar 1.04, nilai tersebut telah memenuhi parameter yang ditentukan.

berupa nilai *retrun loss* sebesar -26.61 dB dan -34.38 dB untuk nilai *mutual coupling* pada antena 1, untuk antena 2 juga mendapatkan nilai yang sama, untuk nilai VSWR antena 1 dan 2 mendapat nilai 1.09.

3. Simulasi Antena MIMO 2x2 Array Patch



GAMBAR 7
ANTENA MIMO 2X2 ARRAY PATCH

Dalam simulasi ini cara merancang antena ini cukup mudah hanya dengan menduplikat secara sejajar antena *array 4 patch* yang telah dioptimasi, duplikasi antena MIMO ini tidak diperlu dioptimasi karena telah memenuhi spesifikasi. Nilai yang didapat pada simulasi antena MIMO ini

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Pada pembahasan bab 4 ini akan dibahas hasil dari beberapa simulasi yang telah diuji coba dan beberapa parameter antena yang akan dibandingkan, contohnya berupa nilai parameter *retrun loss*, VSWR, *gain*, polarisasi, pola radiasi dan nilai *bandwidth* dengan *software* simulasi 3D.

1. Mutual Coupling

TABEL 1
NILAI MUTUAL COUPLING

Nilai Mutual Coupling MIMO 2x2	S1.2 -34.38 dB
	S2.1 -34.38 dB

Efek *mutual coupling* dapat menyebabkan perubahan pada parameter antena baik *gain*, *return loss*, *coupling*, dan pola radiasi yg diinginkan. Dalam system MIMO, pengaruh efek *mutual coupling*

dusahakan seminimal mungkin karena mempengaruhi performa setiap antena.

2. Analisis Perbandingan Return Loss

TABEL 2
PERBANDINGAN RETURN LOSS

Keterangan	Nilai Optimasi	Nilai Sebelum Optimasi	Selisih Nilai
Antena <i>single patch</i>	-12.12 dB	-9.23 dB	-2.89 dB
Antena <i>array 2 patch</i>	-26.87 dB	-15.12 dB	-11.75 dB
Antena <i>array 4 patch</i>	-32.43 dB	-22.67 dB	-9.76 dB
Antena MIMO 2x2	S1.1 -26.61 dB S2.2 -26.61 dB		

Dapat dilihat dari tabel diatas terdapat perbedaan nilai *retrun loss* pada masing –masing antena, dan dapat dilihat bahwasannya setiap penambahan elemen *patch* mengalami

peningkatan nilai *retrun loss* dan telah memenuhi standar nilai parameter *retrun loss* yang telah ditetapkan.

3. Analisis Perbandingan VSWR

TABEL 3
PERBANDINGAN VSWR

Keterangan	Nilai Optimasi	Sebelum Optim	Selisih Nilai
Antena <i>single patch</i>	1.65	2.35	0.7
Antena <i>array 2 patch</i>	1.09	1.84	0.75
Antena <i>array 4 patch</i>	1.04	1.23	0.19
Antena MIMO 2x2	VSWR 1 : 1.09 VSWR 2 : 1.09		

Analisis perbandingan VSWR ini akan melihat nilai yang dihasilkan dari masing – masing antena yang telah dioptimasi dan menunjukkan bahwa nilai *retrun loss* berbanding lurus dengan perubahan nilai VSWR semakin rendah nilai yang dihasilkan *retrun loss* maka nilai VSWR juga akan semakin mengecil yaitu < 2 . Nilai VSWR dapat dilihat pada tabel diatas

bahwasannya nilai dari ke empat antena yang telah disimulasikan mengalami penurunan diakibatkan penambahan jumlah *patch* dan juga dipengaruhi perubahan dimensi antena yang jari – jari antena diperkecil setiap optimasi agar mendapatkan nilai *matcing* yang baik.

4. Analisis Perbandingan Gain

TABEL 4
PERBANDINGAN NILAI GAIN

Keterangan	Nilai Optim	Sebelum Optim	Selisih Nilai
Antena <i>single patch</i>	0.7337 dBi	0.7337 dBi	0

Antena <i>array 2 patch</i>	4.044 dBi	2 dBi	2.044 dBi
Antena <i>array 4 patch</i>	6.101 dBi	4.044 dBi	2.057 dBi
Antena MIMO 2x2	Gain 1 : 5.928 dBi Gain 2 : 5.928 dBi		

Pada tabel dapat terlihat bahwa penggunaan metode *array* dan impedansi bertingkat dapat meningkatkan nilai *gain* dengan memperhatikan pengaruh jarak antar elemen *patch* yang disusun secara linier sehingga menghasilkan satu titik keterarahan pada pola radiasi linier.

Nilai *gain* antena MIMO telah memenuhi parameter yang diinginkan untuk antena luar ruangan yang nantinya akan difungsikan untuk jalur komunikasi antar pesawat terbang dan ruang kontrol lalu lintas udara.

5. Analisis Perbandingan Polarisasi

TABEL 5
PERBANDINGAN NILAI POLARISASI

Keterangan	Nilai Polarisasi
Antena <i>single patch</i>	40 dB
Antena <i>array 2 patch</i>	40 dB
Antena <i>array 4 patch</i>	40 dB
Antena MIMO 2x2	Antena 1 : 40 dBi Antena 2 : 40 dBi

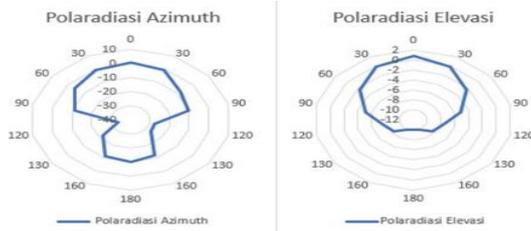
Pada tabel 4.4 dibawah terlihat bahwa nilai polarisasi setiap antena 40 dB yang berarti bentuk polarisasi antena yang telah disimulasikan berbentuk linier, karena sudah jelas terlihat dari segi desain dimensi antenna yang hanya memfokuskan pada bagian depan *patch* dan pada bagian belakang antena diberikan *groundplan* yang berfungsi untuk menahan penyebaran/pemantulan radiasi gelombang elektromagnetik kesegala arah, dan hanya membentuk *back lobe* pada bagian belakang yang

dihasilkan oleh bentuk HPBW (Half Power Beam Width).

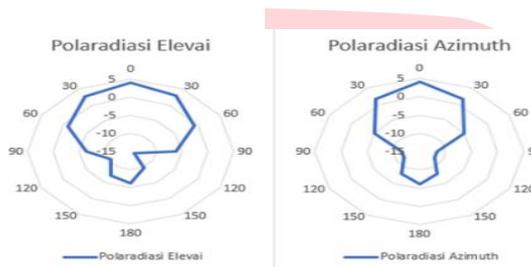
6. Analisis Perbandingan Pola Radiasi

Pada nilai polarisasi dapat diambil dengan melihat bentuk arah pancarannya dan melihat pada *major lobe*-nya. Polaradiasi ini sangat diperhitungkan karena dapat memberikan nilai pasti pada arah pancaran yang ada pada antena, jadi dalam perancangan antena telah didapatkan gambaran pasti fungsi dari antena yang dirancang akan diperuntukkannya. Maka dapat disimpulkan pada polaradiasi setiap

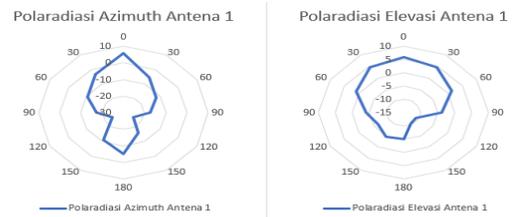
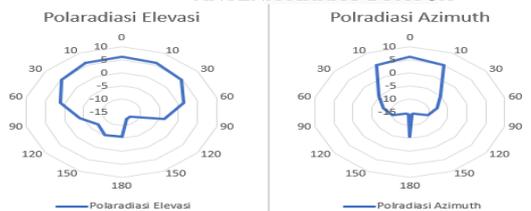
antena yang telah dirancang menghasilkan polaradiasi *Unidirectional*.



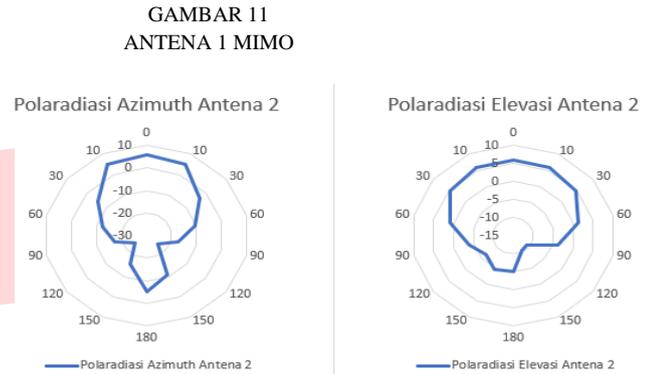
GAMBAR 8
ANTENA SINGLE PATC



GAMBAR 9
ANTENA ARRAY 2 PATCH



GAMBAR 10
ANTENA ARRAY 4 PATCH



GAMBAR 12
ANTENA 2 MIMO

7. Analisis Perbandingan Bandwidth

TABEL 6
PERBANDINGAN NILAI BANDWIDTH

Keterangan	Nilai Bandwidth
Antena <i>single patch</i>	24.2 MHz
Antena <i>array 2 patch</i>	43.2 MHz
Antena <i>array 4 patch</i>	60.3 MHz
Antena MIMO 2x2	Antena 1 : 57.5 MHz Antena 2 : 57.5 MHz

Analisis yang didapatkan pada permasalahan ini adalah sama seperti permasalahan nilai VSWR, dimana nilai *bandwidth* dan *gain* mengalami penurunan diantena MIMO disebabkan

oleh duplikasi kemiripan antena dan pengaturan jarak antar antena yang kurang sempurna namun masih dapat menghasilkan nilai diatas nila parameter yang telah ditentukan.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian Tugas Akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Peningkatan nilai *retrun loss* dan VSWR disebabkan oleh penambahan jumlah *patch* pada setiap antena yang dirancang.
2. Perubahan pada dimensi *patch* mempengaruhi pergeseran pada nilai frekuensi tengah yang diinginkan.
3. Penggunaan metode *array* dengan impedansi bertingkat sangat memudahkandalam hal optimasi dengan cepat mendapatkan parameter yang diinginkan.

REFRENSI

- [1] Th 10 Air Navigation Conference, Montreal.
- [2] B. S. Ali, "System Specifications for Developing an Automatic Dependent Syrveillance-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 PenerimaSinyal 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 Analisis and Design 3rd Edition*. United Science,Wiley Inter Science, 2005.
- [13] J. R. James dan P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antenna*, London : Peter Peregrinus Ltd, 1989.
- [14] R. Garg, P. Barthia, I. Bahl and A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Book*,London: Artech House, 2001.
- [15] O. P. Gandhi, G. Lazzi, and C.M Furse "Monopole Antennas: Encyclopedia of RF and Microwave Engineering," 2005.
- [16] Ezio Biglieri, Robert Calderbank, Anthony Constantinides, Andrea Goldsmith, **Arogyaswami Paulraj, and H. Vincent Poor : "MIMO Wireless Communications," Cambridge.**

