

## ANTENA MIKROSTRIP PERSEGI PANJANG DENGAN CELAH-T UNTUK STASIUN BUMI ADS-B 1,09 GHz

### T-SLOTTED RECTANGULAR PATCH MICROSTRIP ANTENNA FOR ADS-B GROUND STATION 1.09 GHz

Evi Nur Cahyanti<sup>1</sup>, Heroe Wijanto<sup>2</sup>, Budi Syihabuddin<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[evinur@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:evinur@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[heroe@telkomuniversity.ac.id](mailto:heroe@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[budisyihab@telkomuniversity.ac.id](mailto:budisyihab@telkomuniversity.ac.id)

---

#### Abstrak

Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) adalah sistem pengawas udara yang dapat melacak posisi pesawat udara, kecepatan, karakteristik, cuaca dan data lainnya secara berkala. Sistem ADS-B menggunakan teknologi Global Navigation Satellite System (GNSS), dimana pesawat akan terus memancarkan informasi ke stasiun bumi, satelit dan pesawat udara lainnya, sehingga setiap pergerakan dapat terdeteksi. Antena penerima ADS-B bekerja pada frekuensi 1090 MHz dengan polarisasi linier vertikal, karena tidak terkena efek rotasi *Faraday*. Karakteristik antena penerima ADS-B yaitu memiliki gain yang tinggi dan memiliki pola radiasi omni direksional agar dapat menerima sinyal dari segala arah. Pada penelitian ini, dirancang antena mikrostrip menggunakan bahan dielektrik ( $\epsilon_r$ ) bernilai 2,2. Untuk melebarkan *bandwidth*, digunakan teknik pertubasi pada *ground plane* dan *slotted patch*. Teknik pencatutan antena menggunakan *proximity coupled*. Setelah melakukan perancangan, antena direalisasi dan diukur. Hasil pengukuran antena pada penelitian ini menghasilkan polarisasi *linier vertical* dengan *bandwidth* 128 MHz, dimana *return loss*  $\leq -14$  dB, dan *gain* yang didapat sebesar 5,2 dBi.

Kata Kunci: ADS-B, antena, mikrostrip, DGS.

---

#### Abstract

Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) is an air surveillance system that can track aircraft position, speed, characteristics, weather and other data regularly. The ADS-B system uses the technology of Global Navigation Satellite System (GNSS), where the aircraft will continue to transmit information to earth stations, satellites and other aircraft, so that any movement can be detected. The ADS-B receiver antenna works at a frequency of 1090 MHz with vertical linear polarization, because it is not affected by Faraday's rotation. The characteristics of ADS-B receiving antennas are high gain and omnidirectional radiation pattern in order to receive signals from all directions. In this study, a microstrip antenna was designed using dielectric material ( $\epsilon_r$ ) valued at 2,2. To expand bandwidth, the perturbation technique is used in ground plane and slotted patch. The feeding method of the antenna uses proximity coupled. After doing the design, the antenna is realized and measured. The results of antenna measurements in this study produce vertical linear polarization with a bandwidth of 128 MHz, where the return loss is 14 -14 dB, and the gain obtained is 5.2 dBi.

Key word: ADS-B, microstrip antenna, DGS.

---

#### 1. Pendahuluan

*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 penelitian [8], diusulkan perancangan menggunakan *Defected Ground Structure* (DGS) untuk menghasilkan *bandwidth* yang lebar. Hasil penelitian tersebut mendapatkan *gain* antena sebesar 3,10 dBi dan *bandwidth* sebesar 300 MHz. Sesuai pengembangan [8], penulis menggunakan celah-T untuk melebarkan

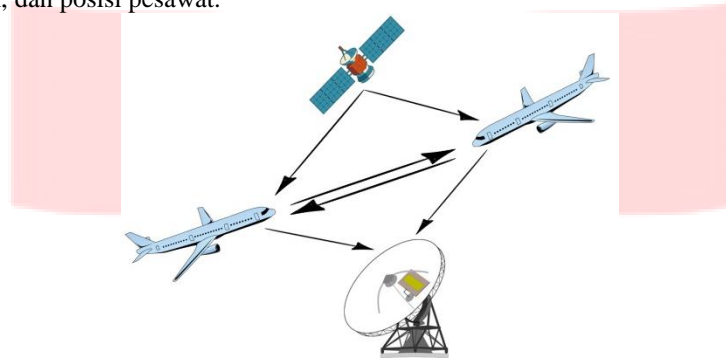
*bandwidth*. Untuk meningkatkan *gain* antena, penulis memakai metode catuan *proximity coupled* dan menggunakan bahan substrat ROGERS 5880 dengan  $\epsilon_r=2,2$ .

## 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 secara berkala (1 detik). ADS-B secara periodik memancarkan informasi dan data - data lain ke pesawat lain, ke satelit, dan ke stasiun bumi.

ADS-B memiliki 2 jenis, yaitu ADS-B *in* dan ADS-B *out*. 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, identitas pesawat, ketinggian, kecepatan, dan posisi pesawat.

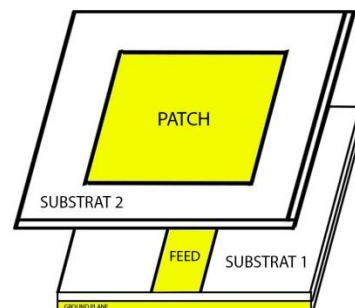


Gambar 1 Konfigurasi Sistem ADS-B

Pada gambar 2.1, terlihat cara kerja sistem ADS-B. Antena pemancar ADS-B terletak di pesawat dengan menggunakan sistem navigasi *on-board* untuk memperoleh informasi. Setiap 1 detik, pesawat menyiarkan informasi ke pesawat terdekat yang sudah dilengkapi teknologi ADS-B dan ke stasiun bumi. Setelah data diterima, data diolah dan disiarkan.

### 2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antena yang berdimensi kecil dan tipis, harga terjangkau untuk direalisasikan. Antena mikrostrip memiliki beberapa kekurangan, yaitu *bandwidth* yang sempit, kapasitas daya rendah, dan *high cross polarization*. Pada antena mikrostrip terdapat tiga susunan struktur lapisan yaitu *ground plane*, *substrat* dan *patch*.



Gambar 2 Lapisan Antena Mikrostrip

Pada gambar 2.2, terlihat susunan struktur lapisan pada antena mikrostrip. *Patch* adalah lapisan teratas pada antena mikrostrip yang terbuat dari bahan konduktor. *Patch* berfungsi untuk meradiasikan sinyal gelombang elektromagnetik. *Substract* adalah lapisan tengah dari struktur antena mikrostrip yang berfungsi sebagai media penyalur antara gelombang elektromagnetik dan catuan. Pemilihan *substrat* yang tipis dikarenakan volume antena menjadi kecil, *walaupun bandwidth menjadi sempit*. *Ground plane* adalah lapisan paling bawah pada antena mikrostrip yang terbuat dari bahan konduktor. *Ground plane* berfungsi sebagai *reflector* yang memantulkan hasil radiasi ke depan atau 1 arah (uni direksional). Pemilihan untuk melakukan pertubasi pada *ground plane*, akan menghasilkan pola radiasi yang bidireksional (2 arah) atau omni direksional (ke segala arah).

### 2.2.1 Patch Persegi Panjang

Bentuk *patch* berpengaruh pada pola radiasi, sedangkan ukuran *patch* berpengaruh pada nilai frekuensi. Pemilihan *patch* persegi panjang dilakukan karena mudah dirancang, karena memiliki perhitungan dimensi antenna yang sedikit. Bentuk *patch* persegi panjang umumnya memiliki polarisasi linier [8]. Dimensi pada *patch* antenna akan mempengaruhi frekuensi resonansi, impedansi, dan *bandwidth*. Semakin besar *patch*, semakin besar pula *bandwidth* yang didapat. Namun, semakin kecil impedansi input antenna tersebut [7]. Berikut merupakan persamaan perhitungan *patch* persegi panjang.

$$W = \frac{c}{2 \times f_r} \times \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2 \times \Delta L \quad (2)$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2 \times f_r \times \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0,412 \times h \times \left[ \frac{\epsilon_{r \text{ eff}} + 0,3}{\epsilon_{r \text{ eff}} - 0,3} \times \frac{\frac{W}{h} + 0,264}{\frac{W}{h} + 0,8} \right] \quad (4)$$

dimana,

- $f_r$  : Frekuensi kerja (Hz)
- $\epsilon_r$  : Konstanta dielektrik
- $\epsilon_{r \text{ eff}}$  : Konstanta dielektrik efektif
- $W$  : Lebar *patch* (mm)
- $L$  : Panjang *patch* (mm)
- $L_{\text{eff}}$  : Panjang efektif *patch* (mm)
- $\Delta L$  : Pertambahan panjang *patch* (mm)
- $h$  : Tebal substrat (mm)

### 2.2.2 Teknik Pencatutan Proximity Coupled

Teknik catutan *proximity coupled* menggunakan dua lapis substrat dengan *feed* berada diantara dua substrat tersebut. *Patch* berada di atas lapisan substrat atas. Keunggulan dari *proximity coupled* adalah *bandwidth* yang lebih lebar, karena ketebalan dari substrat semakin besar. Kerugiannya yaitu dibutuhkan pengeluaran yang lebih untuk fabrikasi lebih dari satu *layer*. Pada *proximity coupled*, dibutuhkan ketelitian untuk menyamakan posisi antar dua lapisan substrat untuk mendapatkan impedansi yang sepadan serta direktivitas yang sesuai [12]. Berikut merupakan persamaan untuk perhitungan dimensi *feed*.

$$W_f = \frac{2 \times h}{\pi} \times \left\{ B - 1 - \ln(2 \times B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \times \left[ \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (5)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_o \times \sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

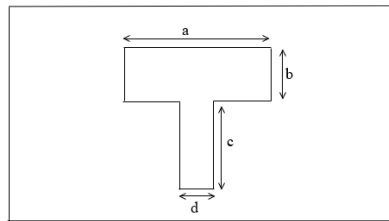
dimana,

- $W_f$  : Lebar catutan (mm)
- $Z_o$  : Impedansi karakteristik ( $\Omega$ )

### 2.3 Defected Ground Structure (DGS)

*Defected Ground Structure* (DGS) merupakan metode yang populer untuk meningkatkan *gain* antenna dan melebarkan *bandwidth* antenna. DGS direalisasikan dengan melakukan pertubasi pada *ground plane* berupa celah. Celah pada *ground plane* memiliki bentuk yang beragam, seperti huruf U, H, I, T, C, V dan E. Celah-H memberikan faktor kualitas dari *stop band* yang lebih baik dari bentuk segi empat dan lingkaran, sehingga adanya transisi dari *pass band* ke *stop band*. Celah-V dan Celah-U menghasilkan faktor kualitas yang tinggi. Faktor kualitas dapat ditingkatkan dengan cara mengurangi jarak antara dua elemen celah-U atau mengurangi sudut dari celah-V [11]. Celah-L dan T dapat mengurangi ukuran antenna dan mendapatkan karakteristik *Ultra Wide Band* (UWB) [12].

Mengacu pada penelitian [5], penulis akan menggunakan celah-T untuk melebarkan *bandwidth*. Penulis merancang dengan bentuk celah-T, dikarenakan memiliki bentuk yang sederhana dan telah diuji pada penelitian sebelumnya.



Gambar 3 Bentuk Celah-T

2.4 Slotted Patch

Salah satu metode yang umum dilakukan untuk mengatasi kekurangan antenna mikrostrip yaitu *bandwidth* yang sempit adalah dengan melakukan penambahan slot pada *patch*. Metode ini menurunkan faktor kualitas (Q) dari *patch*, karena energi yang tersimpan di bawah *patch* berkurang. Bandwidth dari antenna mikrostrip berbanding terbalik dengan faktor kualitas seperti pada persamaan.

$$Bandwidth = \frac{VSWR - 1}{Q\sqrt{VSWR}} \tag{7}$$

3. Perancangan

3.3.1 Spesifikasi Antena

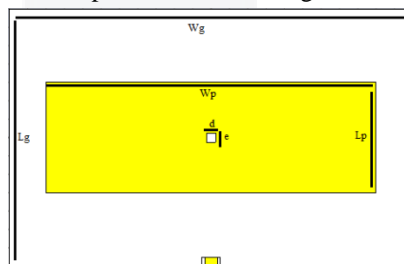
Berdasarkan hasil studi literatur, maka spesifikasi komponen untuk antenna penerima yang mendukung sistem operasi ADS-B dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 1 Spesifikasi Antena

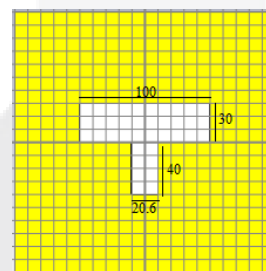
Parameter Antena	Nilai
Frekuensi Kerja	1.09 GHz
Gain	> 3.01 dBi
Bandwidth	> 50kHz
VSWR	≤ 1.5
Pola Radiasi	Omni direksional
Polarisasi	Linier

3.3.2 Perancangan Antena

Berdasarkan persamaan yang digunakan untuk menghitung dimensi antenna, diperoleh hasil perancangan antenna. Setelah itu, antenna dioptimasi untuk mendapatkan hasil spesifikasinya, sehingga diperoleh hasil perancangan antenna setelah optimasi adalah sebagai berikut.



Gambar 4 Tampak Depan



Gambar 5 Tampak Belakang

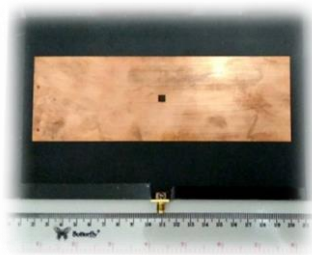
Tabel 1 Perancangan Antena

Parameter Antena	Ukuran (mm)		Keterangan
	Perhitungan	Simulasi	
W	108.739	180	Lebar <i>patch</i>
L	92.104	60	Panjang <i>patch</i>
W <sub>g</sub>	236.426	220	Lebar <i>ground plane</i>
L <sub>g</sub>	203.049	140	Panjang <i>ground plane</i>
W <sub>f</sub>	5.587	7	Lebar <i>feed</i>
L <sub>f</sub>	46.883	56	Panjang <i>feed</i>
a	0	5	Panjang Celah <i>Slotted Patch</i>
b	0	5	Lebar Celah <i>Slotted Patch</i>
h	1.575	1.575	Tebal dielektrik
t	0.035	0.035	Tebal konduktor

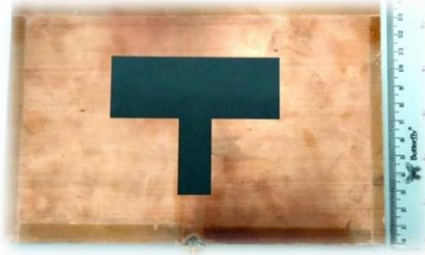
**4. Realisasi dan Pengukuran Antena**

**4.1 Realisasi Antena**

Setelah antena dirancang, lalu dicetak ke jasa percetakan PCB dan dipasangkan *connector* agar antena dapat dicatu. Berikut adalah hasil realisasi antena yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



**Gambar 6** Tampak Depan



**Gambar 7** Tampak Belakang

**4.2 Pengukuran Antena**

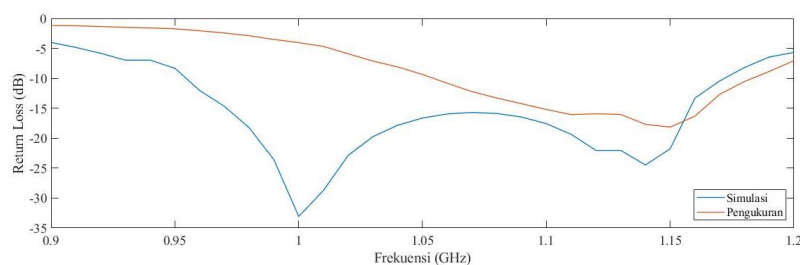
Pengukuran parameter dalam (*impedansi, return loss, VSWR, bandwidth*) diukur menggunakan *Network Analyzer*. Pengukuran parameter luar (*gain, polarisasi dan pola radiasi*) diukur menggunakan *Spectrum Analyzer*.

**4.2.1 Return Loss dan Bandwidth**

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *Network Analyzer*, terlihat berbeda dengan hasil *return loss* pada saat simulasi. Dengan asumsi *return loss* maksimal -14 dB, hasil simulasi didapatkan rentang frekuensi dan *bandwidth* terlihat pada tabel 4.1. Perbandingan grafik *return loss* hasil simulasi dan hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.3.

**Tabel 2** Perbandingan *Return Loss* Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran

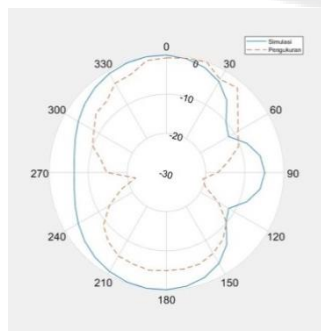
Hasil	Rentang Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)	Bandwidth (MHz)
Simulasi	0,97282 - 1,163	-16,128	196
Pengukuran	1,06 – 1,179	-14,24	128



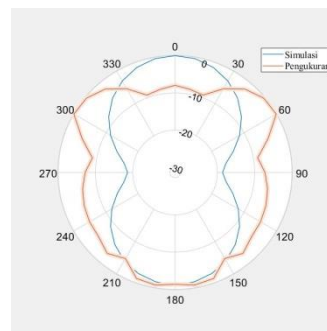
**Gambar 8** Perbandingan *Return Loss* Hasil Simulasi dan Pengukuran

**4.2.2 Pola Radiasi**

Pengukuran pola radiasi antena berupa *azimuth* dan elevasi dari antena dengan menjadikan antena uji sebagai antena penerima. Lalu, dilakukan pengambilan data daya terima antena. Hasil perbandingan pola radiasi pada saat pengukuran dan simulasi dapat dilihat pada gambar 4.4 dan perbandingan sudut HPBW dapat dilihat pada tabel 4.2.



**Gambar 9** Pola Radiasi Sudut *Azimuth*



**Gambar 10** Pola Radiasi Sudut Elevasi

**Tabel 4** Perbandingan Sudut HPBW

Sudut	HPBW	
	Simulasi	Pengukuran
Azimuth	81,2°	60,0°
Elevasi	61,7°	40,0°

#### 4.2.3 Gain

Penulis melakukan pengukuran *gain* antenna dengan metode 3 antenna, yaitu penggunaan kombinasi 3 antenna dengan frekuensi dan polarisasi yang sama. Karena polarisasi sama, maka satuan *gain* yaitu dBi. Antena yang akan digunakan dalam pengukuran tugas akhir ini adalah antenna *horn* dengan frekuensi 700 Mhz - 18 GHz dan antenna mikrostrip *monopole bowtie* [11] dengan frekuensi 1 GHz - 2 GHz. Dengan kombinasi antenna tersebut, dapat dilihat hasil perhitungan dan pengukurannya pada tabel 4.3.

**Tabel 5** Perbandingan Pengukuran *Gain* dengan Metode 3 Antena

Antena	Gain (dBi)	
	Simulasi	Pengukuran
$G_1$ Horn	-	8,5
$G_2$ ADS-B	6,38	5,32
$G_3$ Bowtie	1,63	1,06

#### 4.3 Hasil Keseluruhan

Hasil yang didapatkan dari pengukuran antenna secara umum sudah cukup memenuhi spesifikasi, hanya saja pola radiasi yang didapat dari perancangan yaitu bi direksional, namun masih dapat ditolerir.

**Tabel 6** Hasil Keseluruhan Perancangan Antena

Antena	Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
ADS-B (1090 MHz)	Rentang Frekuensi	0,9 - 1,2 GHz	0,9 - 1,2 GHz	0,9 - 1,5 GHz
	<i>Bandwidth</i>	> 50 kHz	196 MHz	128 MHz
	Polaradiasi	Omni direksional	Bi direksional	Bi direksional
	Polarisasi	Linier	Linier	Elips
	Impedansi	$\pm 50 \Omega$	50 $\Omega$	75,398 $\Omega$
	<i>Return Loss</i>	-	-16,128 dB	-14,24 dB
	VSWR	$\leq 2$	1,37	1,48
	<i>Gain</i>	$\geq 3$ dBi	6,38 dBi	5,32 dBi
	HPBW Azimuth	-	81,2°	60,0°
	HPBW Elevasi	-	61,7°	40,0°

#### 5. Kesimpulan

Antena yang dirancang dapat menerima sinyal ADS-B yang di transmisikan dari pesawat komersil berupa suatu informasi. Informasi yang dapat dilihat yaitu kode pesawat, ketinggian pesawat, dan lokasi pesawat. Perancangan antenna dengan metode pencatuan *proximity coupled* dan substrat berbahan ROGERS (Duroid) 5880 menghasilkan *gain* lebih besar kurang lebih dua kali lipat dari teknik pencatuan *feedline* dan bahan substrat FR-4 *epoxy*. Teknik DGS dengan celah-T dapat meningkatkan *bandwidth* antenna hingga 88,2%. *Bandwidth* hasil realisasi mengalami penyempitan dari hasil simulasi sebesar 196 MHz menjadi 128 MHz. Tetapi masih mencapai spesifikasi awal yaitu > 50 kHz. Gain yang didapat pada hasil pengukuran yaitu 5,32 dBi lebih kecil dari hasil simulasi yaitu 6,38 dBi. Tetapi masih memenuhi spesifikasi awal, yaitu 3,01 > dBi. Jarak terjauh dalam pendeteksian pesawat dari Gedung Ararkula, lantai 4, Universitas Telkom yaitu 140,40 km.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Ristekdikti, "Sistem Pemantau Penerbangan Nir Radar Berbasis ADS-B Buatan dalam Negeri," *Kementrian Ris. Teknol. dan Pendidik. Tinggi*, 2016.
- [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] D. G. Fang, "Antenna Theory and Microstrip Antennas," 2017.
- [7] M. A. Kumar, "Design and Realization of Microstrip Filters with New Defected Ground Structure (DGS)," *Eng. Sci. Technol. Rectangular Microstrip Antenna*, vol. 20, pp. 679–686, 2012.
- [8] S. Babani, N. H. H. Khamis, B. D. Bala, and T. A. Ahmed Mohammed, "A compact microstrip patch antenna for ADS-B operation," *2014 IEEE Asia-Pacific Conf. Appl. Electromagn. APACE 2014 - Proceeding*, pp. 250–252, 2015.
- [9] M. Arsyad, *Desain Dan Analisis Efek Slotted-Patch Pada Antena Mikrostrip Mimo 4x4 Dan 8x8 Untuk Meningkatkan Bandwidth Pada Frekuensi Kerja 28 GHz*, Bandung: Universitas Telkom, 2017.
- [10] A. D. P. S. E. S. Reza Noval Pahlevy, "Nanosatellite ADS-B Receiver Prototype," in *ICCEREC*, Bandung, Indonesia, 2018.
- [11] Novia Nurhidayah, *Antena Bowtie untuk SFCW GPR (Ground Penetrating Radar)*, Bandung: Universitas Telkom, 2019.
- [12] Essa Alkautsar Suteja, *Perancangan Antena Mikrostrip untuk Penerima Sinyal ADS-B Pada Satelit Nano*, Bandung: Universitas Telkom, 2018.
- [13] F. (. F. A. A. ), "Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Operations," *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Operations*, vol. I, pp. 1-38, 2012
- [14] ROGERS Corporation, [Online]. Available: <https://www.rogerscorp.com/documents/606/acs/RT-duroid-5870-5880-Data-Sheet.pdf>. [Diakses 1 Januari 2019].
- [15] Bahan PCB FR4 Fiber Double Layer 20cm×10cm. Available: <https://www.tokopedia.com/tokoteknologi/bahan-pcb-fr4-fiber-double-layer-20cmx10cm>. [Diakses 2 Januari 2019]
- [16] XINCHENGER ELECTRONICS(HK) CO.,LTD. Available: <http://id.xcepcb.net/rogers-pcb/rogers-5880/rogers-5880-substrate.html>. [Diakses 2 Januari 2019]