

# Rancang Bangun *Receiver Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* Menggunakan RTL-SDR R820T2 *Flight Aware*

Denny Dermawan<sup>\*1</sup>, Paulus Setiawan<sup>1</sup>, Wahyudin<sup>1</sup>, Diah Suwarti W.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Yogyakarta

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

\*dennydermawansta@gmail.com

**Abstrak** — Teknologi radar pada bandar udara mulai tergantikan oleh sistem *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* karena ketidakmampuan radar dalam mendeteksi pesawat yang tertutup awan tebal, untuk menggantikan fungsi radar di beberapa bandar udara masih menggunakan situs Flightradar24 sebagai sumber informasi karena untuk membangun sebuah stasiun ADS-B membutuhkan biaya yang mahal. Akan tetapi Flightradar24 memiliki beberapa kelemahan, diantaranya adalah pengguna diharuskan untuk membayar atau berlangganan secara berkala jika ingin menampilkan informasi lebih detail, dan *delay* karena pemrosesan data yang membutuhkan akses koneksi internet. *Receiver ADS-B* bekerja dengan menunggu dan menerima transmisi dari pesawat terbang yang berisi informasi posisi pesawat secara berkala, dalam merancang *receiver ADS-B* ini peneliti menggunakan jenis RTL-SDR R820T2 *Flight Aware* dengan nilai *gain* sebesar 19 dB, dan penambahan antenna ADS-B 1090 MHz. Hasil pengujian rancangan *receiver ADS-B* yaitu, *receiver* mampu menerima sinyal dan data parameter target ADS-B dengan jarak jangkauan sejauh 353 km pada *range software adbsCOPE* dan 346,89 km secara perhitungan menggunakan metode *harvesine formula*.

**Kata Kunci**— *ADS-B, Antena ADS-B 1090 MHz, Bandar Udara, Radar, RTL-SDR R820T2 Flight Aware.*

DOI: 10.22441/jte.2023.v14i3.006

## I. PENDAHULUAN

Transformasi kemajuan teknologi informasi dan perkembangan telekomunikasi telah mengalami peningkatan yang sangat pesat. Dengan kemajuan tersebut, kebutuhan, dan perkembangan jaringan informasi akan semakin meningkat, khususnya pada jaringan informasi dan komunikasi. Dalam dunia penerbangan, kebutuhan teknologi terus berkembang seiring dengan berkembangnya zaman, maka dalam dunia penerbangan dibutuhkan suatu teknologi yang dapat melacak keberadaan pesawat agar *Air Traffic Controllers (ATC)* dapat mengetahui ketinggian, arah, dan jalur pesawat guna memandu pesawat untuk terbang ke tempat tujuannya dengan selamat.

Teknologi radar pada bandar udara mulai tergantikan oleh sistem *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* karena ketidakmampuan radar dalam mendeteksi pesawat yang tertutup awan tebal, untuk membangun sebuah stasiun ADS-B membutuhkan biaya yang mahal. Oleh karena itu, di beberapa bandara udara masih menggunakan situs Flightradar24 sebagai sumber informasinya. Akan tetapi Flightradar24 memiliki

beberapa kelemahan, diantaranya adalah pengguna diharuskan untuk membayar atau berlangganan secara berkala jika ingin menampilkan informasi lebih detail, dan *delay* karena pemrosesan data yang membutuhkan akses koneksi internet.

Dalam penelitian sebelumnya, peneliti merancang sebuah *receiver ADS-B* berbasis RTL-SDR R820T2 menggunakan antenna ADS-B 1090 MHz dan penambahan *low noise amplifier*. Pada penelitian tersebut jenis RTL SDR yang digunakan memiliki nilai *gain* sebesar 5 dB dengan hasil rancangan *receiver ADS-B* yaitu dapat menerima sinyal dan data parameter target ADS-B hanya sejauh 284 km, sedangkan *range maksimum* dari penerimaan *receiver ADS-B* yaitu 200 NM (370 km) [1].

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang sebuah *receiver ADS-B* berbasis RTL-SDR R820T2 *Flight Aware* dan menggunakan antenna ADS-B 1090 MHz. Pada penelitian ini saya menggunakan jenis RTL-SDR yang memiliki nilai *gain* sebesar 19 dB, dimana dengan peningkatan nilai *gain* maka akan berdampak terhadap luasnya *coverage area* yang mampu *discover* oleh antenna tersebut [2]. Rancangan *receiver ADS-B* ini bekerja dengan menunggu dan menerima transmisi dari pesawat terbang yang berisi informasi posisi pesawat secara berkala setiap 0,5 detik., *receiver ADS-B* ini mampu menerima sinyal dan data parameter target pesawat terbang dengan jarak jangkauan yang lebih baik serta maksimal. Selain itu, penggunaan jenis RTL-SDR R820T2 *Flight Aware* pada rancangan ini 30 % lebih murah dibandingkan membeli RTL-SDR dan *filter* eksternal.

## II. PENELITIAN TERKAIT

Setelah melakukan *study literatur* di perpustakaan dan melalui media internet. Peneliti melakukan telah terhadap beberapa penelitian yang telah ditemukan, penelitian tersebut memiliki keterkaitan dengan penelitian yang peneliti lakukan, seperti penggunaan alat dan bahan yang digunakan sampai dengan hasil rancangan *receiver ADS-B*.

Penelitian pertama yang dilakukan oleh Sitorus, B., & Harsono Sitorus, T. I (2017) mengenai pengembangan *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* untuk peningkatan keselamatan penerbangan, dimana pada penelitian tersebut dengan penggantian fungsi radar dalam pengelolaan ruang udara bagi transportasi sipil, dapat berfungsi sebagai pengganti atau untuk *supplement surveillance* tradisional pesawat terbang berbasis radar. Selain itu, peningkatan inovasi

teknologi dalam navigasi penerbangan sangat diperlukan terutama bandar udara yang frekuensi lalu lintas cukup tinggi, dengan mengembangkan investasi bidang teknologi navigasi, mengembangkan kerja sama, dan pemanfaatan dengan lembaga penelitian serta meningkatkan peran swasta dalam dunia penerbangan [3].

Penelitian kedua yang dilakukan oleh R. D. Slamet Harjono, I. G. A. Ayu Mas Oka & H. D. Badrul Islam (2018) dengan merancang sebuah receiver ADS-B menggunakan jenis RTL-SDR R820T2 guna meningkatkan pelayanan navigasi penerbangan di bandar udara internasional lombok. Hasil rancangan receiver yaitu dapat menampilkan *visual maps* posisi pesawat terbang pada *software* globesrtl1090 dan data parameter target pesawat terbang yang meliputi 24 bit ICAO aircraft address, Nationality, Ident atau Squawk, Altitude, Latitude, Longitude, Speed, Heading, dan Track [4].

Penelitian ketiga yang dilakukan oleh M. Sohbi, D. Dermawan & Lasmadi (2020) dengan merancang sebuah receiver ADS-B berbasis RTL-SDR R820T2 menggunakan antena ADS-B 1090 MHz dan penambahan *low noise amplifier*. Dimana pada penelitian tersebut peneliti menampilkan *visual maps* posisi pesawat terbang pada *software* adsbSCOPE serta mengetahui seberapa jauh jarak jangkauan penerimaan sinyal dan data parameter receiver ADS-B menggunakan metode *euclidean distance* [1].

Pada penelitian yang saya buat memiliki beberapa perbedaan dari penelitian sebelum-sebelumnya. Pada penelitian ini saya merancang sebuah receiver ADS-B menggunakan jenis RTL-SDR R820T2 *flight aware* dengan nilai *gain* sebesar 19 dB serta untuk mengetahui seberapa jauh jarak jangkauan penerimaan sinyal dan data parameter receiver ADS-B peneliti menggunakan metode *harvesine formula*.

#### A. Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)

*Automatic Dependent Surveillance – Broadcast* (ADS-B) adalah teknologi pengamatan (*surveillance*) yang digunakan untuk memberikan informasi posisi pesawat di udara. Sistem ADS-B merupakan suatu sistem pengamatan/*surveillance* dimana sistem avionik dari suatu pesawat terbang memancarkan (*broadcast*) informasi mengenai posisi terbang, ketinggian terbang, kecepatan terbang, dan parameter lainnya secara lengkap dan otomatis setiap 0,5 detik dipancarkan/*broadcast* ke sistem ADS-B *ground station* di darat. Selanjutnya data tersebut dikirimkan ke *display* ATC untuk digunakan oleh ATC dalam memonitoring pesawat terbang seperti : posisi terbang, ketinggian terbang, kecepatan terbang, dan parameter lainnya. *Converage* maksimum dari ADS-B adalah 200 NM (370 km) [1].

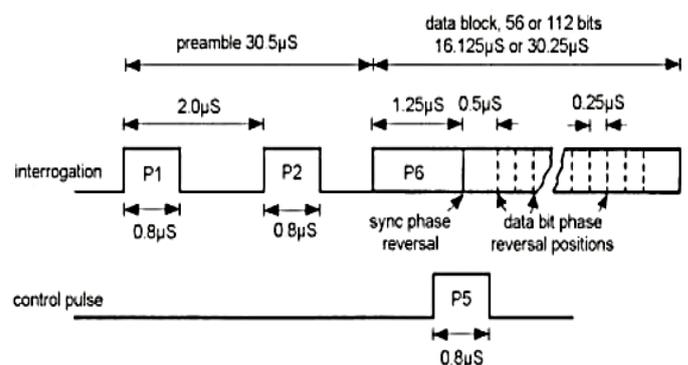
Pesawat dilengkapi dengan sebuah *transponder* ADS-B yang berfungsi untuk mengirimkan informasi secara terus menerus ke ADS-B receiver yang berada di darat (*ground station*). Data ini digunakan untuk menampilkan posisi pesawat secara visual dan informasi lainnya seperti ketinggian, kecepatan, dan identifikasi pesawat. Selain itu, sistem ADS-B memberikan keuntungan dibandingkan dengan sistem radar seperti pembahasan data yang lebih lengkap dan data pesawat

yang potensial seperti *update* cuaca, tujuan pesawat, serta data avionik.

Kelebihan dari sistem ADS-B yaitu mengurangi kepadatan komunikasi, memberikan keselamatan, dan kewaspadaan pada penerbangan, mengurangi penundaan *taxi* atau *take off*, serta mengurangi biaya. Pesawat dilengkapi dengan MOD-S *Transponder* yang akan menerima data lokasi dari *Global Navigation Satellite System* (GNSS), kemudian akan mengirim data-data tersebut ke ADS-B receiver atau ADS-B *ground station*. Format data dari pesawat ke ADS-B receiver disebut data MOD-S, sedangkan data yang dikirimkan dari ADS-B receiver ke ATC adalah data dengan format *Asetrix 21*. Semua standar yang digunakan sudah diatur oleh *International Civil Aviation Organisation* (ICAO).

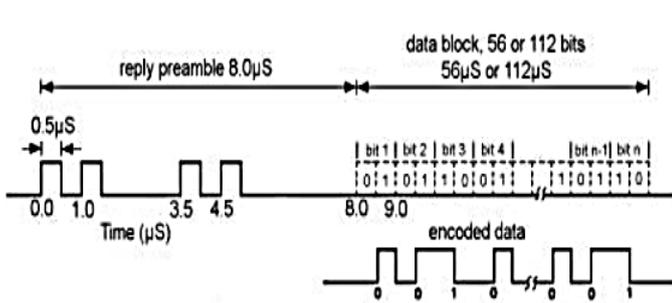
MOD-S diambil dari kata *selective*, yang mana proses pengiriman sinyal *interrogate* dan transmisi sinyal balasan pada ATC MOD-S seluruhnya disertai *24-bit address aircraft identification* yang dapat menunjukkan identitas pesawat tersebut. Dengan adanya *24-bit address aircraft identification*, *ground station* dapat memilih pesawat yang dibutuhkan datanya dan dapat mengabaikan pesawat lain yang tidak diperlukan. Contohnya sistem MOD-S, jika sebuah ATC akan ‘menanyakan’ ketinggian pesawat A, maka sinyal *interrogate* yang dikirimkan hanya ditunjukkan untuk pesawat A saja dengan cara penyertaan *24-bit address aircraft identification* sehingga pesawat lain tidak dapat ‘mendengar’ sinyal *interrogate* tersebut. Begitu pula sebaliknya, ketika pesawat A akan memberikan sinyal *respon* berupa informasi ketinggian ke ATC, maka pesawat A juga akan menyertakan identitas pesawat A bersamaan dengan informasi ketinggian pesawat tersebut.

ADS-B menggunakan *transponder* dengan format pulsa MOD-S yang diterapkan dalam sistem radar. Secara umum, sinyal MOD-S terbagi menjadi 2, yaitu MOD-S *interrogation* dan MOD-S *reply*, masing-masing berfungsi untuk menanyakan informasi mengenai pesawat yang diterima. MOD-S *interrogation* menggunakan modulasi *Differential Phase Shift Keying* (DPSK) dengan *data rate* 4 Mbps. MOD-S *reply* menggunakan modulasi *Pulse Position Modulation* (PPS) dengan *data rate* 1 Mbps. Format MOD-S *interrogation* dapat dilihat pada Gambar 1. [5]



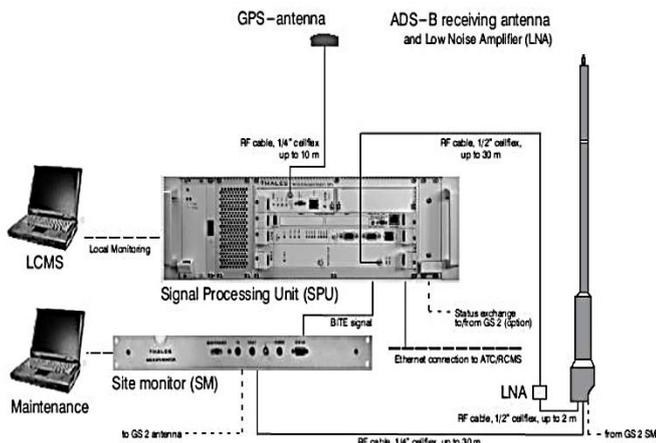
Gambar 1. Format MOD-S *interrogation*

Sedangkan untuk format MOD-S *reply* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Format MOD-S reply

Secara umum ADS-B terdiri atas 4 sub sistem yaitu : *Signal Processing Unit (SPU)*, *Site Monitor (SM)*, *GPS RX antenna*, dan *ADS-B RX Omnidirectional Antenna*. Sistem ADS-B *Ground Station AS 680* dapat dilihat pada Gambar 3. [6]



Gambar 4. Sistem ADS-B ground station

Masing-masing *Ground Station A* dan *B* terdiri dari :

### 1. Signal Processing Unit (SPU)

Secara umum SPU akan menerima sinyal dari antenna ADS-B yang bersisi data pesawat serta menerima sinyal GPS sebagai data referensi untuk timing dan lokasi ground station. Output data berupa format ASTERIX Cat 21 yang akan didistribusikan melalui jaringan computer, raw data, dan video signal monitor.

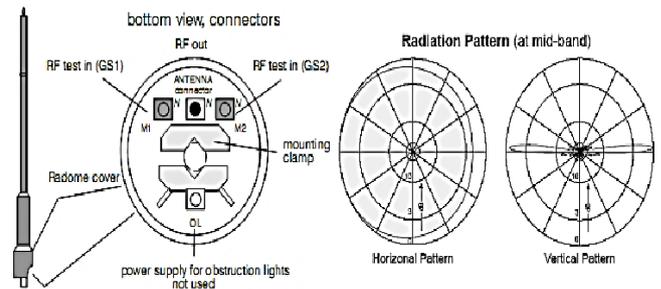
### 2. Site Monitor (SM)

*Site Monitor* digunakan untuk mengecek peralatan secara langsung, dengan cara mengambil data melalui probe antenna monitor. Melalui kabel kontrol pada LCMS maka dapat mengetahui parameter peralatan.

### 3. GPS RX Antenna

*GPS receiver* menggunakan frekuensi GPS L1 (1575,42 MHz). Proses penentuan posisi berdasarkan referensi waktu guna menghasilkan data yang akurat. Akurasi ditentukan HPL (*horizontal level of protection*) yang sama dengan di pesawat. HPL menunjukkan kemampuan untuk menentukan kesalahan satelit, juga digunakan untuk menentukan posisi dan waktu sebagai dasar untuk sistem perwaktuan (*timing system*).

### 4. ADS-B RX Omnidirectional Antenna



Gambar 5. Antena ADS-B

Antena ADS-B mirip dengan antenna DME. Sebagaimana Gambar 5. Antena ADS-B merupakan antenna *omnidirectional* yang dapat menerima sinyal dari segala arah secara *line of sight*.

### B. RTL-SDR R820T2 Flight Aware

RTL-SDR R820T2 *flight aware* merupakan pengembangan dari jenis SDR sebelumnya, dimana pada SDR ini menggabungkan RTL-SDR R820T2, *low noise amplifier*, dan *filter bandpass 1090 MHz*. RTL-SDR R820T2 *flight aware* ini secara khusus dirancang untuk meningkatkan kinerja ADS-B dengan menyaring sinyal *interferensi* yang tidak diinginkan, mengurangi angka kebisingan dan memperkuat sinyal ADS-B. Gambar 6 menunjukan bentuk fisik pada SDR *flight aware*.



Gambar 6. SDR-RTL R820T2 flight aware

### C. Antena Omnidirectional

Antena *omnidirectional* yaitu jenis antenna yang memiliki pola pancaran sinyal ke segala arah dengan daya sama. Untuk menghasilkan cakupan area yang luas, *gain* dari antenna *omnidirectional* harus memfokuskan dayanya secara *horizontal* (mendatar) dengan mengabaikan pola pancaran ke atas dan ke bawah, sehingga antenna dapat diletakan di tengah-tengah *base station*. Dengan demikian, keuntungannya dari antenna jenis ini adalah dapat melayani jumlah pengguna yang lebih banyak. Namun kesulitannya adalah pada pengalokasian frekuensi untuk setiap sel agar tidak terjadi *interferensi*. Antena jenis ini biasanya digunakan pada lingkup yang mempunyai *base station* terbatas dan cenderung untuk posisi pelanggan yang melebar. Antena ini mempunyai sudut pancaran yang besar (*wide beamwidth*) yaitu 360° dengan daya lebih luas, jarak yang lebih pendek tetapi dapat melayani area yang luas. Antena *omnidirectional* mengirim atau menerima sinyal radio dari semua arah secara sama, antenna *omnidirectional* biasanya digunakan untuk koneksi *multiple point* atau *hotspot*. [7]

Antena ADS-B 1090 MHz merupakan jenis antenna *omnidirectional* yang digunakan untuk receiver ADS-B, di mana transmitter ADS-B pada pesawat terbang memancarkan sinyal pada frekuensi 1090 MHz untuk mengirimkan sinyal dan

data parameter kepada receiver di ground station atau kepada pesawat lain yang berada pada jangkauannya. Gambar 7 menunjukkan antena ADS-B 1090 MHz.



Gambar 7. Antena omnidirectional ADS-B 1090 MHz

Menurut Francis, 1996 potongan gelombang yang panjangnya satu gelombang dan sepanjang lintasannya, gelombang akan terus terulang dalam bentuk-bentuknya yang selalu sama sepanjang masa tanpa adanya perubahan bentuk lainnya. Panjang gelombang adalah jarak yang ditempuh gelombang selama satu periode. Rumus perhitungan dari panjang gelombang dapat dicari dengan Persamaan 1.

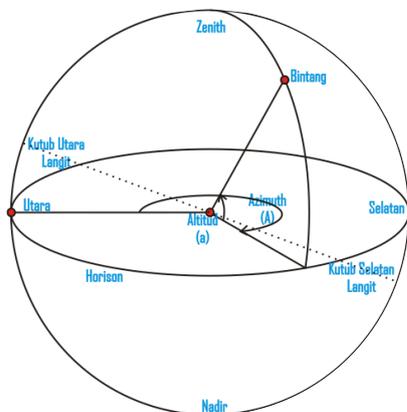
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Keterangan :

- $\lambda$  = Panjang gelombang (m)
- $c$  = Kecepatan cahaya ( $3.10^8$  m/s)
- $f$  = frekuensi (Hz)

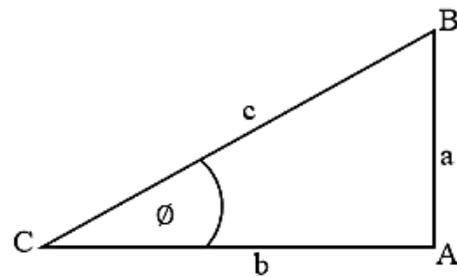
#### D. Azimuth

Azimuth adalah sudut dalam derajat yang diukur sepanjang garis horizon, diantara udara yang sesungguhnya dan titik posisi satelit yang ditranslasikan ke garis horizon. Azimuth selalu direpresentasikan searah jarum jam dari arah utara sebenarnya, dan selalu menunjukkan nilai positif. Posisi dari sudut azimuth dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Posisi Sudut Azimuth

Karena sudut azimuth terbentuk dari posisi stasiun pengirim dan stasiun penerima, maka dapat digunakan persamaan segitiga siku-siku untuk menentukan besar sudut azimuth seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Segitiga siku-siku ABC

Untuk mencari besaran sudut pada titik A, maka dapat menggunakan Persamaan 2.

$$\angle \phi = \text{Arc tan } (a/b) \quad (2)$$

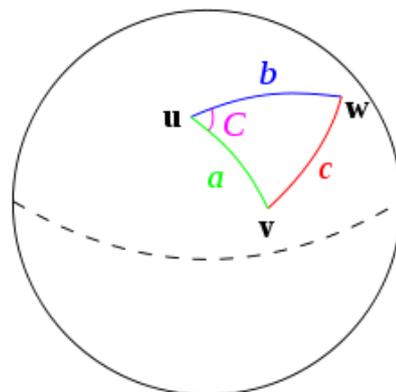
Keterangan :

- $\phi$  : Sudut Azimuth
- $a$  : Jarak AB
- $b$  : Jarak AC

#### E. Harvesine Formula

Teorema harvesine formula adalah sebuah persamaan yang penting dalam bidang navigasi, untuk mencari jarak busur antara dua titik pada bola dari longitude dan latitude. Ini merupakan bentuk persamaan khusus trigonometri bola, law of harvesines, mencari hubungan sisi dan sudut pada segitiga dalam bidang bola. Formula ini pertama kali ditemukan oleh Jamez Andrew di tahun 1805, dan digunakan pertama kali oleh Josef de Mendoza y Rios di tahun 1801. Istilah harvesine ini sendiri diciptakan pada tahun 1835 oleh Prof. James Inman. Josef de Mendoza y Rios menggunakan harvesine pertama kali dalam penelitiannya tentang “Masalah Utama Astronom Nautical”, Proc.Royal Soc, Des 22.1796. Harvesine digunakan untuk menemukan jarak antar bintang.

Harvesine digunakan berdasarkan bentuk bumi yang bulat (spherical earth) dengan menghilangkan faktor bahwa bumi itu sedikit elips (elipsodial factor). Ini merupakan khusus formula umum dalam trigonometri bola yang berkaitan dengan sisi dan sudut sepertiga bola [8]. Gambar sepertiga bola pada harvesien formula dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Segitiga bola pada Harvesine Formula

Dalam unit bola, sebuah “segitiga” pada permukaan bola didefinisikan sebagai lingkaran-lingkaran besar yang menghubungkan tiga poin u, v, dan w pada bola, jika panjang

dari ketiga sisi, a adalah (dari u ke v), b (dari u ke w), dan c (dari v ke w), dan sudut-sudut yang berlawanan c adalah C. maka hukum *harvesine* menjadi.

$$\text{Harvesine } (c) = \text{harvesine } (a - b) + \cos (a) \cos (b) \text{ harvesine } (C)$$

Rumus *harvesine* sendiri adalah

$$\text{Harvesine } (\emptyset) = \sin^2 \left( \frac{\emptyset}{2} \right) = \frac{1}{2} (1 - \cos(\emptyset)) \quad (3)$$

Dimana sudut  $(\emptyset) =$  sudut  $(C)$  pada Gambar 9 maka :

$$\text{harvesine } (C) = \sin^2 \left( \frac{C}{2} \right) = \frac{1}{2} (1 - \cos(C)) \quad (4)$$

Perhatikan Gambar 10 C adalah sudut yang terbentuk dari sisi a dan b, sedangkan sisi yang terletak di depan titik u memiliki panjang c. Berdasarkan definisi tersebut, diperoleh :

$$\text{Cos } c = 1 - 2 \text{ harvesine } C \quad (5)$$

Dengan memperhatikan Gambar 10 bahwa besar  $C=c$  dan u adalah titik dengan besar sudut C, maka dapat ditulis :

$$\text{Cos } u = 1 - 2 \text{ harvesine } u \quad (6)$$

$$\text{Cos } C = 1 - 2 \text{ harvesine } C \quad (7)$$

Selanjutnya berdasarkan aturan cosinus pada segitiga bola yaitu :

$$\text{Cos } C = \cos a \cos b + \sin a \cos u \quad (8)$$

Maka dari persamaan (8) dengan Persamaan (7) dan (6) di dapatkan

$$\begin{aligned} \text{Cos } C &= \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos u \\ 1 - 2 \text{ harvesine } C &= \cos a \cos b + \sin a \sin b (1 - 2 \text{ harvesine } u) \\ 1 - 2 \text{ harvesine } C &= \cos a \cos b + \sin a \sin b - 2 \sin a \sin b \text{ harvesine } u \end{aligned} \quad (9)$$

Karena nilai  $\cos a \cos b + \sin a \sin b = \cos (a - b)$  maka Persamaan 9 menjadi

$$1 - 2 \text{ hav } C = \cos (a - b) - 2 \sin a \sin b \text{ hav } u \quad (10)$$

Berdasarkan Persamaan (5) maka Persamaan (10) menjadi

$$\begin{aligned} 1 - 2 \text{ harvesine } C &= 1 - 2 \text{ harvesine } (a - b) - 2 \sin a \sin b \text{ harvesine } u \\ -2 \text{ harvesine } C &= \cos (a - b) - 2 \sin a \sin b \text{ harvesine } u - 1 \\ -2 \text{ harvesine } C &= 1 - 2 \text{ harvesine } (a - b) - 2 \sin a \sin b \text{ harvesine } u - 1 \\ -2 \text{ harvesine } C &= -2 (a - b) - 2 \sin a \sin b \text{ harvesine } u \end{aligned}$$

Mengalikan kedua ruas dengan  $(-\frac{1}{2})$  sehingga di peroleh

$$\text{Harvesine } C = \cos (a - b) + \sin a \sin b \text{ harvesine } u \quad (11)$$

Berdasarkan rumus busur, untuk menghitung sudut C pada Gambar 10 adalah

$$C = \frac{c}{R} \quad (12)$$

Berdasarkan Persamaan (12) maka Persamaan (10) menjadi

$$\text{harvesine } \frac{c}{R} = \cos (a - b) + \sin a \sin b \text{ harvesine } u$$

$$\text{harvesine } c = R * \cos (a - b) + \sin a \sin b \text{ harvesine } u$$

$$\text{harvesine } c = R * \text{ harvesine } C \quad (13)$$

Untuk menyelesaikan jarak ke c, terapkan arc *harvesine* (*invers harvesine*) ke  $C = \text{harvesine } (C)$  atau gunakan fungsi arcsin (sinus terbalik).

$$c = R (C) = 2R \arcsin (\sqrt{C})$$

$$c = 2R \arcsin \sqrt{\text{hav } (a_1 - a_2) + \cos a_1 \cos a_2 \text{ hav } (b_1 - b_2)} \quad (14)$$

Dimana :

$$\text{Cos } c = \cos (a) \cos (b) + \sin (a) \sin (b) \cos (C)$$

$$\text{harvesine } (C) = \text{harvesine } (a_1 - a_2) + \cos a_1 \cos a_2 \text{ harvesine } (b_1 - b_2)$$

Panjang jari-jari lingkaran  $R = uv = uw$  atau radius bumi

$$a = \text{jarak } u \text{ ke } v \text{ atau jari-jari} = \text{latitude } 1 = a_1$$

$$b = \text{jarak } u \text{ ke } w \text{ atau jari-jari} = \text{latitude } 2 = a_2$$

u = titik yang berlawanan dengan sisi c = *longitude* =  $b_1$  adalah *longitude* 1 dan  $b_1$  *longitude* 2

c = jarak titik v ke w atau jarak

$$C = \frac{c}{r} = \text{sudut antara sisi } u \text{ ke } v \text{ dan sisi } u \text{ ke } w$$

*Harvesine formula* nantinya digunakan dalam perhitungan jarak antara dua titik. Dalam hal ini  $\theta$  adalah nilai *latitude* dan  $\lambda$  adalah nilai *longitude*, sehingga dapat menjadi kunci utama dalam membandingkan jarak jangkauan antara *receiver* yang telah dirancang dengan target pesawat. Berikut rumus *harvesine* yang akan diimplementasikan ke dalam penelitian ini :

$$c = 2R * \arcsin \sqrt{\sin \left( \frac{a_1 - a_2}{2} \right) + \cos a_1 \cos a_2 \sin \left( \frac{b_1 - b_2}{2} \right)} \quad (15)$$

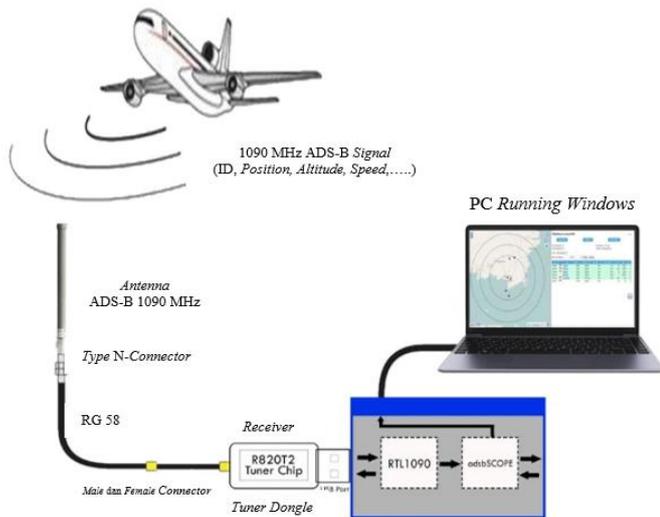
### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Lokasi Penelitian dan Pengambilan Data

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti melakukan perancangan dan pengambilan data di Laboratorium Elektronika Lanjut Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto (ITDA) Yogyakarta. Dalam pengambilan data peneliti melakukan pengamatan terhadap target pesawat terbang yang diterima oleh *receiver* ADS-B melalui *software* RTL1090 dan *software* adsbSCOPE dan pengamatan terhadap data parameter yaitu *latitude* dan *longitude*.

**B. Perencanaan Penelitian, Pembuatan Alat, dan Bahan**

Dalam melakukan perancangan penulis merujuk hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Peneliti menggunakan antenna ADS-B 1090 MHz dan RTL-SDR R820T2 *Flight Aware* dengan harapan alat yang dihasilkan dalam penelitian ini akan dapat menerima sinyal ADS-B yang dipancarkan oleh pesawat lebih baik dan dengan jarak jangkauan yang lebih jauh. Untuk rancangan receiver ADS-B dalam penelitian ini dapat dilihat seperti Gambar 11.



Gambar 11. Rancangan receiver menggunakan Antena ADS-B 1090 MHz

Dalam melakukan rancang bangun receiver ADS-B, penulis memilih bahan dan alat yang cocok digunakan dalam penelitian ini. Setelah itu peneliti melakukan rancang bangun receiver ADS-B sesuai dengan kriteria dan perancangan yang telah peneliti buat. Alat dan bahan yang digunakan dalam menunjang penelitian rancangan receiver ADS-B ini yaitu : Antenna Omnidirectional ADS-B 1090 MHz, RTL-SDR R820T2 *Flight Aware*, Kabel RG 58, Connector SMA, Connector RG 58, Zadig, RTL1090, dan adsbSCOPE.

**1. Antenna Omnidirectional ADS-B 1090 MHz**

Antena ADS-B yang digunakan dalam penelitian ini bekerja pada frekuensi 1090 MHz. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, diperlukan perancangan antena dengan menggunakan parameter seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter kriteria Antena ADS-B 1090 MHz

Parameter	Nilai
Type	ADS-B 1090 MHz antenna
Frequency	1090 MHz, Mode S Filter
Gain	5 dBi
Bandwidth	980 MHz – 1150 MHz
Size	65 Cm
Connector	SMA Female to MCX male
Cover	Fiberglass
Bahan	Tembaga Viber

**2. RTL-SDR R820T2 Flight Aware**

RTL-SDR R820T2 *flight aware* merupakan jenis SDR pengembangan dari SDR sebelumnya, dimana pada SDR ini menggabungkan RTL-SDR R820T2, *low noise amplifier*, dan *filter bandpass* 1090 MHz. RTL-SDR R820T2 yaitu perangkat utama yang akan menerima dan mengubah sinyal radio. Sinyal yang diterima merupakan sinyal dalam bentuk *analog* yang dipancarkan dari ADS-B pesawat terbang dan akan diubah dalam bentuk sinyal *digital* untuk didapatkan data seperti Asterix, 24 bit ICAO Aircraft Address, *Callsignal Nasionality*, *Ident* atau *Squawk*, *Altitude*, *Lattitude*, *Longitude*, *Speed*, dan *Heading*.

*Low Noise Amplifier* (LNA) digunakan untuk menekan *noise* yang terjadi pada proses penerimaan sinyal, LNA harus mampu menerima sinyal yang sangat lemah dari pengirim dan harus mampu memperkuat sinyal tersebut sampai puluhan dB agar dapat dicapai level daya yang cukup untuk diberikan ke perangkat penerima. Dengan menggunakan LNA, *noise* dari seluruh tahapan selanjutnya berkurang dengan *gain* yang diperoleh dari LNA.

*Filter bandpass* 1090 MHz merupakan *Filter Bandpass* 1090 MHz merupakan rangkaian yang digunakan untuk melewati frekuensi tertentu, dengan melewati sinyal frekuensi yang diinginkan dan mengurangi frekuensi yang tidak diinginkan. Selain itu, filter ini memiliki posisi yang dirancang oleh pabrikan dimana, meletakkan 1 kotak amplifier.

**3. Kabel Penghantar**

Kabel penghantar diperlukan untuk menghubungkan setiap perangkat. Jenis kabel yang digunakan adalah jenis RG 58 dengan impedansi sebesar 50 ohm dan bahan tembaga dengan kebutuhan panjang 20 meter. Kabel RG 58 penghantar yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kabel RG 58

**4. Connector**

Dalam penelitian ini *connector* digunakan untuk menghubungkan (koneksi) antar perangkat. Jenis konektor yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan *connector* yang digunakan pada masing-masing alat. Ada beberapa jenis *connector* yang digunakan dalam penelitian ini.

*Connector* SMA sebagai *connector* yang digunakan untuk menyambungkan dari RTL SDR ke antena yang digunakan dalam penelitian ini. *Connector* SMA dapat dilihat pada Gambar 13 merupakan *connector* SMA male dan SMA female.



Gambar 13. connector SMA male dan SMA female

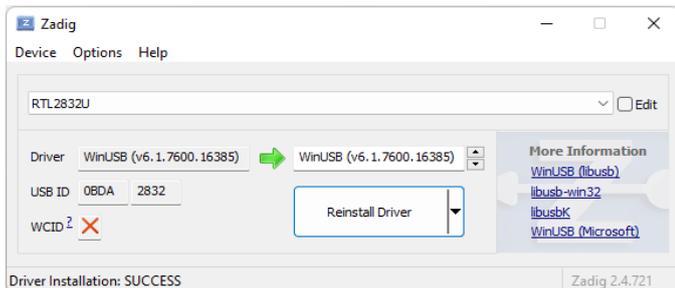
Connector RG 58 sebagai connector yang digunakan untuk menyambung dari RTL SDR ke antena ADS-B. Connector RG 58 yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Connector RG 58

5. Software Zadig

Software Zadig digunakan untuk driver pembacaan input USB dari RTL-SDR R820T2 flight aware pada sistem operasi windows yang digunakan pada komputer. Menampilkan software Zading seperti yang terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Tampilan software Zadig

6. Software RTL1090

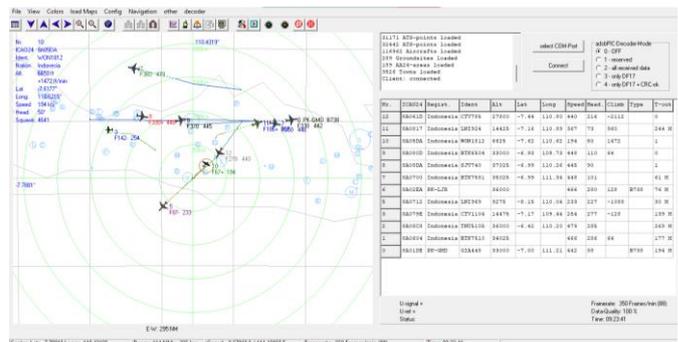
Software RTL1090 digunakan sebagai software yang akan menerjemahkan data yang telah diterima dari RTL-SDR R820T2 flight aware, data yang diterima akan ditampilkan seperti data Asterix, 24 bit ICAO Aircraft Address, Callsignal Nasionality, Ident atau Squawk, Altitude, Lattitude, Longitude, Speed, dan Heading. Pada software RTL1090 juga menampilkan posisi pesawat dalam bentuk maps, namun tidak dalam bentuk virtual pesawat terbang. Menampilkan software RTL1090 seperti terlihat pada Gambar 16.

7. Software adsbSCOPE

Software adsbSCOPE digunakan sebagai software yang akan menampilkan secara visual maps posisi pesawat terbang. Dalam aplikasi ini kita juga dapat mengetahui data-data Asterix, 24 bit ICAO Aircraft Address, Callsignal Nasionality, Ident atau Squawk, Altitude, Lattitude, Longitude, Speed, dan Heading. Pada software adsbSCOPE juga telah dilengkapi jarak (range) untuk mengetahui seberapa jauh pesawat terbang dari receiver ADS-B. Menampilkan software adsbSCOPE seperti terlihat pada Gambar 17.



Gambar 16. Tampilan software RTL1090



Gambar 17. Tampilan software adsbSCOPE

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Analisis Perhitungan Antena

Perhitungan dimensi Panjang dari antena monopole pada frekuensi kerja 1090 MHz dengan besaran cepat rambat cahaya diruang hampa sebesar  $3 \times 10^8$  dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1)

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1,09 \times 10^9} = 0,275 \text{ m}$$

Panjang elemen vertical ( $\tau$ ) dari antena monopole adalah  $\frac{1}{4}$  dari panjang gelombang antena tersebut. Pembuatan antena ini menggunakan kawat tembaga fiber yang memiliki nilai pendekatan cepat rambat sebesar 0,95.

$$\tau = \frac{0,275}{4} = 0,0653 \text{ m} \rightarrow 65,3 \text{ cm}$$

Perhitungan ini sudah sesuai kriteria antenna ADS-B yang akan digunakan dalam penelitian ini. Gambar 4.1 menunjukkan pengukuran panjang dimensi antenna ADS-B 1090 MHz dengan panjang 65 cm.



Gambar 18. Pengukuran Antena ADS-B 1090 MHz

**B. Pemasangan Antena ADS-B 1090 MHz**

Untuk dapat menerima sinyal yang baik dari pesawat terbang, maka antenna dipasang pada posisi yang tepat dan ketinggian yang cukup. Pemasangan antenna biasa dipasang pada ketinggian 11 meter di atas permukaan tanah, pemasangan pada ketinggian 11 meter menyesuaikan dengan panjang kabel penghantar dan tinggi gedung yang digunakan dalam penelitian. Pemasangan antenna seperti yang terlihat pada Gambar 19.

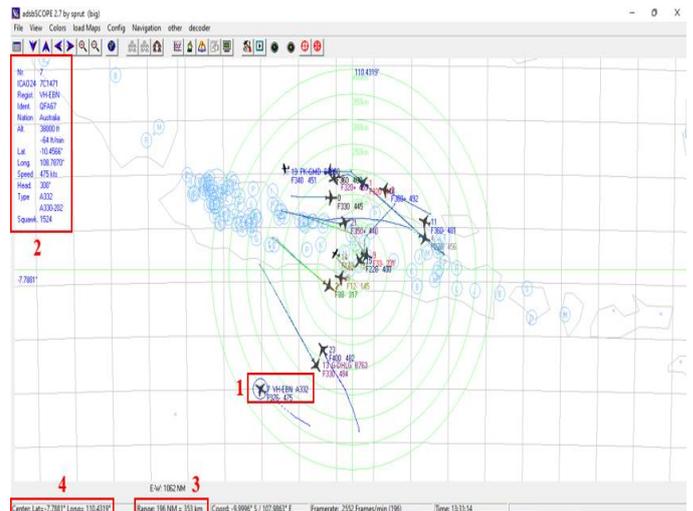


Gambar 19. Pemasangan Antena ADS-B 1090 MHz pada ketinggian 11 meter di atas permukaan tanah

**C. Rancangan Receiver**

Gambar 20 menunjukkan hasil dari uji coba rancangan receiver menggunakan antenna ADS-B 1090 MHz yang ditampilkan pada aplikasi adsbSCOPE. Dengan keterangan sebagai berikut :

1. Menunjukkan posisi target pesawat terbang terjauh yang dapat diterima receiver
2. Menunjukkan data parameter dari target pesawat terbang terjauh yang diterima receiver
3. Menunjukkan range antara target pesawat terjauh dengan posisi receiver berada
4. Menunjukkan posisi latitude dan longitude tempat dimana receiver dipasang.



Gambar 20. Hasil tampilan software adsbSCOPE

Pada Tabel 2 menunjukkan data ICAO yang ditampilkan secara lengkap dari semua target yang diterima dalam bentuk tabel pada software adsbSCOPE

Tabel 2. Tabel data pada software adsbSCOPE

No	ICAO	Page	Ident	Model	Alt	Lat	Long	Speed	Head	Equip	Type	Sub-Type	Equip	Dir 3rd	Direction	Distance	Integrity	CPK	Quality
11	7C1471	164EEN	52817	A330-300	36000	10.4566	108.7870	475	200	A330	A330-300	1526	1526	191	191	13.13.29	5		
12	7C1471	164EEN	52817	A330-300	36000	10.4566	108.7870	475	200	A330	A330-300	1526	1526	191	191	13.13.29	5		

Dari hasil tersebut dapat diambil latitude dan longitude posisi receiver ADS-B dan target pesawat terbang terjauh yang diterima receiver seperti pada Tabel 3. Dari data tersebut digunakan untuk menganalisis seberapa jauh jangkauan receiver ADS-B menggunakan antenna ADS-B 1090 MHz dalam menerima target.

Tabel 3. Tabel data latitude dan longitude posisi receiver ADS-B dan target

Receiver ADS-B		Target	
Latitude 1 (θ1)	Longitude 1 (λ1)	Latitude 2 (θ2)	Longitude 2 (λ2)
-7.7881	110.4319	-10.4566	108.7870

Untuk nilai latitude dan longitude mutlak sehingga untuk positif dan negatif diabaikan. Sedangkan untuk mengetahui sudut azimuth dihitung menggunakan Persamaan (2), dimana nilai a yaitu nilai latitude stasiun penerima dikurang nilai latitude stasiun pengirim dan nilai b yaitu nilai longitude stasiun penerima dikurang nilai longitude stasiun pengirim.

$$a = (\theta_1 - \theta_2) = 7,7881 - 10,4566 = 2,6677$$

$$b = (\lambda_1 - \lambda_2) = 110,4319 - 108,7870 = 0,3551$$

Maka :

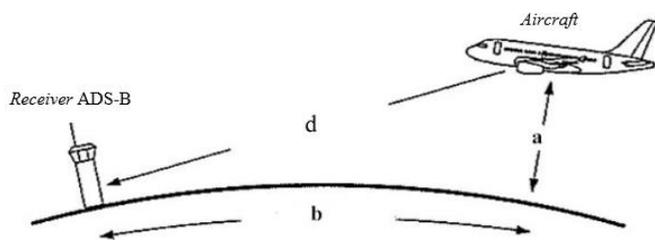
$$\emptyset = \text{Arc tan} \left( \frac{a}{b} \right)$$

$$\emptyset = \text{Arc tan} \left( \frac{2,6677}{0,3551} \right)$$

$$\emptyset = \text{Arc tan} (7,5130)$$

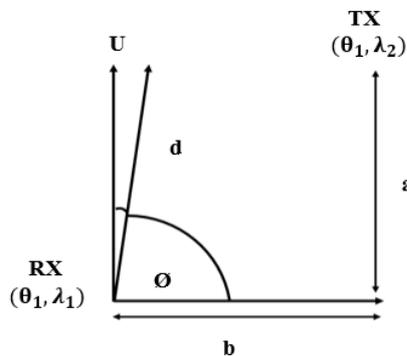
$$\emptyset = 82,41^\circ$$

Berikut menggambarkan sudut *azimuth* yaitu seperti posisi receiver ADS-B dan target aircraft pada Gambar 21.



Gambar 21. Ilustrasi posisi receiver ADS-B terhadap aircraft

Sedangkan untuk menggambarkan sudut *azimuth* dalam derajat dapat dilihat seperti Gambar 22.



Gambar 22. Posisi Sudut Azimuth

Untuk mengetahui seberapa jauh jarak antara receiver dengan target pesawat terbang harus mencari dahulu nilai dari a dan c menggunakan Persamaan 18 dan 19 serta untuk nilai *latitude* dan *longitude* mutlak sehingga untuk positif dan negatif diabaikan.

$$\begin{aligned} \Delta \text{ lat} &= \frac{\pi}{180} * (\theta_2 - \theta_1) \\ &= \frac{3,14}{180} * (10,4566 - 7,7881) \\ &= 0,0465 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ long} &= \frac{\pi}{180} * (\lambda_2 - \lambda_1) \\ &= \frac{3,14}{180} * (108,7870 - 110,4319) \\ &= 0,0287 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \sin \left( \frac{\Delta \text{ lat}}{2} \right)^2 \\ &= \sin \left( \frac{0,0465}{2} \right)^2 \\ &= 1,6466 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \cos(\theta_1) * \cos(\theta_1) * \sin \left( \frac{\Delta \text{ long}}{2} \right)^2 \\ &= \cos(7,7881) * \cos(10,4566) * \left( \sin \left( \frac{0,0287}{2} \right) \right)^2 \\ &= 6,1117 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai a dan c maka jarak antara receiver dengan target pesawat terbang dapat dihitung dengan Persamaan (15)

$$d = 2R * \arcsin \sqrt{\sin \left( \frac{\theta_1 - \theta_2}{2} \right) + \cos \theta_1 \cos \theta_2 \sin \left( \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2} \right)}$$

Untuk mempermudah penulisan rumus, Persamaan (15) dapat disederhanakan menjadi Persamaan (16).

$$d = R * 2 * \arcsin (\sqrt{a + c}) \tag{16}$$

$$\begin{aligned} d &= 6371 * 2 * \arcsin (\sqrt{(1,6466 \times 10^{-7} + 6,1117 \times 10^{-8})}) \\ &= 6371 * 2 * \arcsin (4,7516 \times 10^{-4}) \\ &= 346,89 \text{ km} \end{aligned}$$

Sehingga diketahui jarak receiver ADS-B dengan target pesawat terbang terjauh adalah 346,89 km, sedangkan jarak receiver ADS-B dengan target pesawat terbang terjauh terbaca pada *software* adsbSCOPE berada pada *range* 353 km. Maka prosentase kesalahan dari perhitungan dan *range* pada adsbSCOPE adalah :

$$\begin{aligned} \text{Prosentase Kesalahan} &= 353 - 346,89 = 6,11 \\ &= 6,11 \div 353 \times 100\% \\ &= 1,73 \% \end{aligned}$$

Dari pengujian dan perhitungan rancangan receiver ADS-B menggunakan antenna *monopole* biasa diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil akhir percobaan rancangan receiver ADS-B

Receiver ADS-B		Target		Sudut Azimut	Range Pada adsbSCOPE	Jarak Perhitungan (Distance)	Prosentase Kesalahan
Latitude (θ1)	Longitude (λ1)	Latitude (θ2)	Longitude (λ2)				
- 7.7881	110.4319	- 10.4566	108.7870	82,41°	353 Km	346,89 Km	1,73 %

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penggunaan jenis RTL-SDR R820T2 *flight aware* dan antenna ADS-B 1090 MHz pada rancangan receiver ADS-B, receiver mampu menerima sinyal dan data parameter target pesawat terbang dengan jarak jangkauan yang lebih baik serta maksimal.
2. Pengujian rancangan receiver ADS-B menggunakan antenna ADS-B 1090 MHz mampu menerima sinyal dan data parameter pesawat terbang yang lebih baik, yaitu sejauh 353 km pada *software* adsbSCOPE dan 346,89 km secara perhitungan *harvesine formula*.
3. Data nilai *latitude* dan *longitude* yang diperoleh dari receiver ADS-B pada *software* adsbSCOPE digunakan untuk menghitung dan menganalisa seberapa jauh jarak jangkauan receiver ADS-B dengan target pesawat terbang menggunakan teori *harvesine formula*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan terhadap Bpk - Bpk Dosen dan rekan mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini, dan terima kasih juga terhadap tim editorial Jurnal Teknik Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. F. Adi, T. Warsito, and N. Pambudiyatno, "Optimalisasi Desain Bandpass Filter Penerima ADS-B Pada Frekuensi 1090 MHz", *SNITP*, vol. 4, no. 1, Feb. 2022..
- [2] M. Alaydrus, "Antena Prinsip dan Aplikasi," Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.
- [3] N. F. Azzhara, H. Ginardi, and A. Saikhu, "Praproses Data Alir ADS-B dari Multi-Receiver dengan Pengelompokan Aggloremasi Berbasis Konsistensi Jarak," *JNETI*, Vol 4, No 1, 2015.
- [4] C. A. Balanis, "Antenna Theory : Analysis and Design," New York: John Wiley & Sons, 2016.
- [5] E. Endroyono, L. Renato, S. Suhanto, and B. Bagus, "Pengamanan Sinyal ADS-B Menggunakan Alogaritma Blow-Fish," *APPROACH: Jurnal Teknologi Penerbangan*, vol. 1, no. 2, pp.35-39, 2017.
- [6] B. B. Harianto, "Studi Ekperimental Penerima ADS-B Menggunakan RTL 1090 dan RTL-SDR R820T2 di Bandara Juanda Surabaya," *Jurnal Penelitian* vol. 4, no. 3, pp. 20-28, 2019.
- [7] R. D. S. Harjono, A. Mas, and B. Islam, "Rancangan Receiver Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) Menggunakan RTL-SDR R820T2 Guna Meningkatkan Pelayanan Navigasi Penerbangan di Bandar Udara Internasional Lombok," *Approach : Jurnal Teknologi Penerbangan*, vol. 2, no. 2, pp. 35-42, 2018.
- [8] Maruf, "Sistem Pengawasan Angkutan Udara Perintis Berbasis ADS-B," Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Penerbangan, Jakarta, 2016.
- [9] Y. Nurhayati, and S. Susanti, "Implementasi Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) di Indonesia," *Jurnal Perhubungan Udara*, vol. 40, no. 3, 2014.
- [10] C. A. Pamungkas, "Aplikasi Penghitung Jarak Koordinat Berdasarkan Latitude dan Longitude Dengan Metode Euclidean Distance dan Metode Haversine," *Jurnal Informa*, vol. 5, no. 2, 2019.
- [11] M. Sohobi, D. Dermawan, and L. Lasmadi, "Rancang Bangun Receiver menggunakan Antena 1090 MHz dan Low Noise Amplifier untuk Menambah Jarak Jangkauan Penerimaan Sinyal dan Data Parameter Target ADS-B berbasis RTL820T2," *Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, and Controls (AVITEC)*, vol. 2, no. 2, Aug. 2020, doi: <https://doi.org/10.28989/avitec.v2i2.765>.
- [12] N. Suleman and Y. Rafsyam, "Peningkatan Gain Antena Mikrostrip Patch Lingkaran Menggunakan Parasitic Substrat Pada Frekuensi 2,4 GHz Untuk Aplikasi WiFi," *Prosiding Seminar Sains Nasional dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, 2014, doi: <https://doi.org/10.36499/psnst.v1i1.1031>.
- [13] J. Sulistio, "Implementasi Metode Haversine Formula Dalam Aplikasi Untuk Menentukan Lokasi Emergency Service Terdekat di Daerah Istimewa Yogyakarta," *Universitas Teknologi Yogyakarta*, 2019.
- [14] Thales, "Technical Manual ADSB Ground Station AS680/682 and RCMS," Stuttgart, 2007.
- [15] D. Wyatt, and T. Tooley, "Aircraft Communications and Navigation Systems," *Routledge*, 2017.