

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

Maulana Sohobi, Denny Dermawan*, Lasmadi

Departemen Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta

*email: dennydermawan@stta.ac.id

Abstract

Radar technology at several airports is still using flightradar24 as a source of information, and building an ADS-B station is expensive. However, the flightradar24 has several weaknesses, among which is that if the user wants to display more information, the user is required to pay periodically or subscriptions, and there is delay due to the process of data that requires the Internet connection. With a concept of receiver ADS-B based RTL-SDR R820T2, a low cost receiver ADS-B with the results can receive an ADS-B signal without delay and can receive data from an airplane. But there is a weakness in RTL receivers based RTL-SDR R820T2, because it doesn't explain and can't know how far the receiver can receive signals and target parameters data from the aircraft. Thus on this research a receiver ADS-B using RTL-SDR R820T2, with a low-noise amplification and an ADS-B antenna 1090 MHz in the hopes of knowing how far the aircraft's target range is from the receiver and knowing how far the receiver's range of data signals the target parameters. By performing some step-by-step testing of the design. The designed receiver ADS-B USES low noise amplification with an ADS-B antenna 1090 MHz capable of receiving data and target parameters ADS-B for 284 km on adsbSCOP software range and 287.63 km mathematically.

Keywords: ADS-B, RTL-SDR R820T2, *Low Noise Amplifier*

1. Pendahuluan

Teknologi radar merupakan teknologi yang digunakan untuk mendeteksi pesawat, salah satunya digunakan hampir di setiap bandar udara. Namun seiring berjalannya waktu dan kemajuan teknologi radar mulai digantikan dengan sistem *Automatic Dependant Surveillance Broadcast* (ADS-B) karena pada teknologi radar tersebut mempunyai keterbatasan yaitu radar tidak dapat mendeteksi pesawat yang terhalang oleh awan yang tebal.

Namun untuk menggantikan fungsi teknologi radar di beberapa bandara udara masih menggunakan situs Flightradar24 sebagai sumber informasinya karena untuk membangun sebuah stasiun ADS-B membutuhkan biaya yang mahal. Akan tetapi Flightradar24 memiliki beberapa kelemahan, di antaranya adalah jika pengguna ingin menampilkan informasi lebih banyak, pengguna diharuskan membayar secara berkala atau berlangganan, dan *delay* yang terjadi karena pemrosesan data yang membutuhkan internet untuk bisa menjalankannya. ICAO mewajibkan penggunaan ADS-B untuk wilayah *non-radar airspace* pada 2015 dan mewajibkan penggunaan ADS-B *avionics* untuk semua pesawat pada 2020 [1].

Saat ini, Indonesia memiliki 295 bandara, lebih dari 255 bandara belum dilengkapi radar. Sebanyak 13 bandara di bawah pengelolaan PT Angkasa Pura 1, 14 bandara di bawah pengelolaan PT Angkasa Pura II, 2 bandara di bawah pengelolaan TNI, 239 bandara di bawah pengelolaan Unit Penyelenggara Bandar Udara, dan 27 bandara di bawah pengelolaan UPT daerah/pemda [2].

Implementasi ADS-B di Indonesia belum dapat dilaksanakan secara penuh, Indonesia pada saat ini baru memasuki tahap *Category Tier 3*. Indonesia akan memasuki implementasi ADS-B pada *Tier 2* pada bulan September 2014 yaitu ADS-B akan diujicobakan pada beberapa rute tertentu. Dan akan memasuki tahap *Tier 1* pada bulan Juni Tahun 2015 mendatang, pada tahap ini diharapkan ADS-B dapat diimplementasikan secara menyeluruh setelah regulasi terkait ADS-B telah selesai dibuat [3].

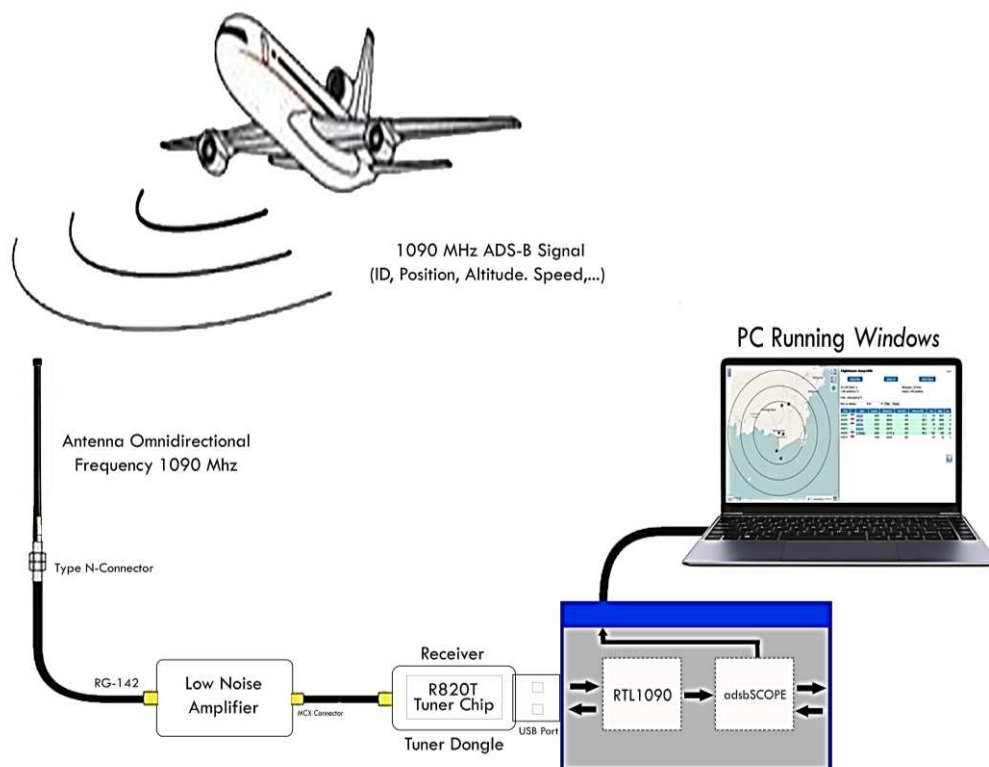
Dalam penelitian sebelumnya, peneliti merancang sebuah *receiver* ADS-B menggunakan RTL-SDR R820T2 guna meningkatkan pelayanan navigasi penerbangan di Bandar Udara Internasional Lombok. Dalam penelitian tersebut peneliti membandingkan hasil penelitiannya dengan situs Flighradar24 dengan hasil *receiver* ADS-B menggunakan RTL-SDR R820T2. *Receiver* tersebut dapat menerima sinyal ADS-B tanpa *delay* dan dapat menerima data 24 bit *International Civil Aviation Organization (ICAO) Aircraft Address, Nationality, Indent* atau *Squawk, Altitude, Latitude, Longitude, Speed, Heading, dan Track*. Namun dalam penelitian tersebut peneliti tidak menjelaskan seberapa jauh *receiver* ADS-B menggunakan RTL-SDR R820T2 dapat menerima sinyal ADS-B dari pesawat [4].

Pada artikel ini, penulis mengembangkan sebuah *receiver* ADS-B berbasis RTL-SDR R820T2 yang pernah diteliti sebelumnya. Dalam hal ini peneliti menggunakan jenis antena yang berbeda yaitu antena ADS-B 1090 MHz dan penambahan *low noise amplifier*. Dengan harapan hasil penelitian ini nantinya bisa diketahui dan dibandingkan seberapa jauh jarak jangkauan *receiver* ADS-B tersebut dapat menerima sinyal dan data parameter target ADS-B yang dipancarkan oleh pesawat.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Perancangan Receiver

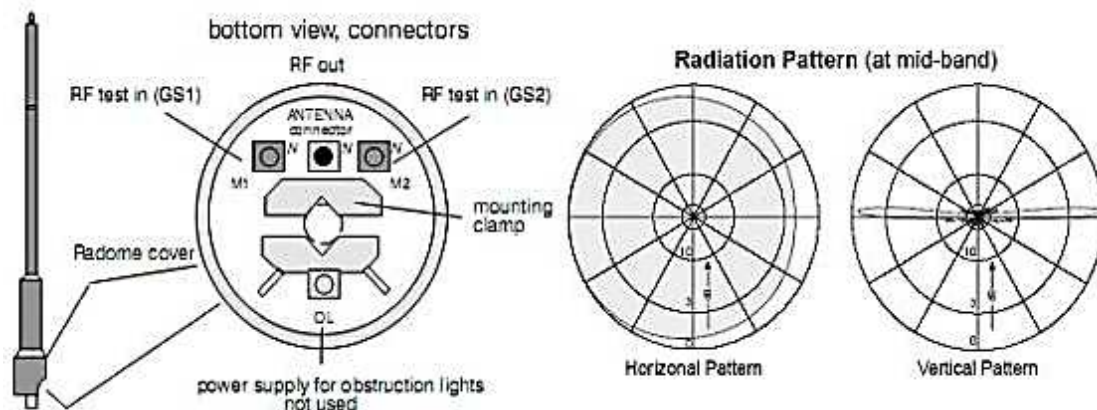
Rancangan *receiver* ADS-B dalam penelitian ini seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Receiver ADS-B Menggunakan Antena 1090 MHz dan *Low Noise Amplifier* Berbasis RTL820T2

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

1. *Signal Processing Unit* (SPU)
Secara umum SPU akan menerima sinyal dari antena ADS-B yang berisi 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 sistem jaringan coputer, *raw data* dan *video signal monitor*.
2. *Site Monitor* (SM)
Digunakan untuk mengecek peralatan secara langsung, dengan cara mengambil data melalui *probe antenna monitor*. Melalui kabel kontrol pada LCMS maka kita 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 oleh 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 pewaktuan (*timing system*).
4. *ADS-B RX Omnidirectional Antenna*
Antena ADS-B mirip dengan antena DME. Antena ADS-B merupakan antena *omnidirectional* yang dapat menerima sinyal dari segala arah secara *line of sight*. Seperti yang digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Antena ADS-B [5]

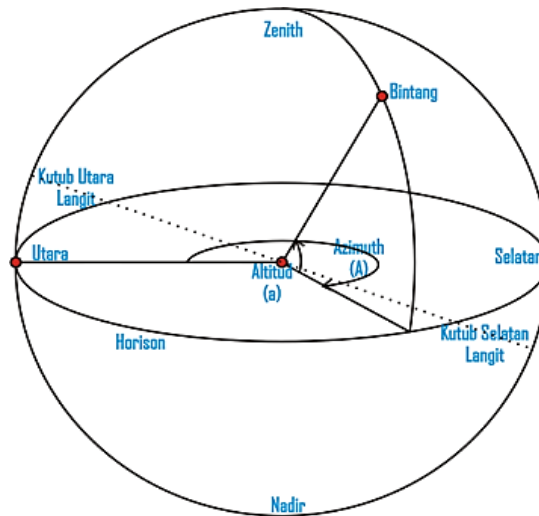
Sistem ADS-B dibuat sedemikian rupa sehingga dapat menunjang kegiatan operasional dengan tujuan antara lain :

1. Untuk meningkatkan keselamatan
2. Meningkatkan kapasitas dan efisiensi dari operasi sistem wilayah udara nasional
3. Mengurangi penempatan Radar
4. Dapat digunakan pada cakupan di luar Radar

Diagram ADS-B Setiap pesawat memancarkan sinyal data-data kondisi penerbangan yang dibantu satelit GPS, melalui *transponder* yang dimiliki dan ditangkap *station base* darat untuk diteruskan ke ATC. Informasi yang menuju ke stasiun darat ini disebut ADS-B Out yang hasilnya dapat dilihat berupa *output* layaknya melihat layar lalu lintas udara pada umumnya. Informasi ini juga dapat dipancarkan untuk pesawat yang dilengkapi ADS-B dan akan terlihat dalam *cockpit traffic display* [5].

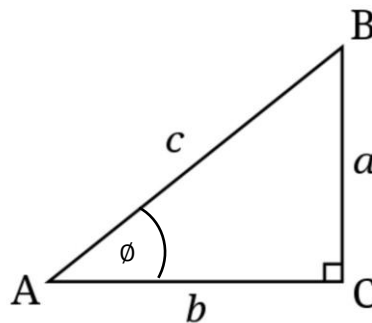
2.3 Azimut

Azimut adalah sudut dalam derajat yang diukur sepanjang garis horizon, di antara utara yang sesungguhnya dan titik posisi satelit yang ditranslasikan ke garis horizon. *Azimut* selalu direpresentasikan searah jarum jam dari arah utara sebenarnya, dan selalu menunjukkan nilai positif. Gambar 4 menunjukkan posisi dari sudut azimut.



Gambar 4. Posisi Sudut *Azimut* [6]

Karena sudut *azimut* terbentuk dari posisi stasiun pengirim dan stasiun penerima, maka dapat digunakan persamaan segitiga siku-siku untuk menentukan besar sudut *azimut* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Segitiga Siku-Siku ABC [7]

Jika ingin mencari besaran sudut di titik A, maka dapat dinyatakan dengan Persamaan 1.

$$\angle \phi = \text{Arc tan}(a/b) \tag{1}$$

Keterangan :

Ø : Sudut *Azimut*

a : Jarak AB

b : Jarak AC

2.4 Teorema Euclidean Distance

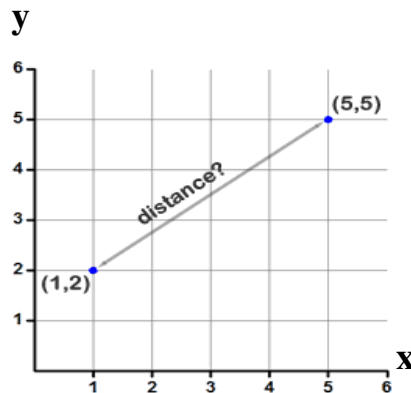
Euclidean distance adalah perhitungan jarak dari dua titik dalam *euclidean space*. *Euclidean space* diperkenalkan oleh Euclid, seorang matematikawan dari Yunani sekitar tahun 300 B.C.E untuk mempelajari hubungan antara sudut dan jarak. *Euclidean* ini berkaitan dengan *Teorema Phytagoras* dan biasanya ditetapkan pada 1, 2, dan 3 dimensi [8]. Untuk mencari jarak antara dua titik dinyatakan pada Persamaan 2.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

Keterangan :

- d : Jarak antara kedua titik
- x1 : Posisi titik a pada sumbu x
- x2 : Posisi titik b pada sumbu x
- y1 : Posisi titik a pada sumbu y
- y2 : Posisi titik b pada sumbu y

Gambar 6 merupakan contoh jarak antara 2 titik kordinat antara kordinat pada sumbu X dan dan kordinat pada sumbu Y.



Gambar 6. Jarak Antara Dua Titik Kordinat [9]

Teori ini dapat digunakan untuk mencari jarak antara dua buah kordinat *latittude* dan *longitude*. Sumbu Y dijadikan sebagai nilai *latittude* dan sumbu X dijadikan sebagai nilai *longitude*. Sehingga pada Persamaan 2 berubah menjadi menjadi Persamaan 3.

$$d = \sqrt{(Lat1 - Lat2)^2 + (Long1 - Long2)^2} \quad (3)$$

Keterangan :

- d : Jarak antara *receiver* dan pesawat (*decimal degree*)
- Lat1 : *Latittude* kordinat *receiver*
- Lat2 : *Latittude* kordinat target
- Long1 : *Longitude* kordinat *receiver*
- Long2 : *Longitude* kordinat target

Hasil perhitungan perhitungan dari Persamaan jarak (2) masih dalam satuan *decimal degree* (sesuai dengan format *latittude* dan *longitude* yang digunakan) sehingga untuk

menyesuaikan perlu dikalikan dengan 111,319 km (1 derajat bumi = 111,319 km) agar satuannya berubah menjadi km. Sehingga Persamaan 3 berubah menjadi Persamaan 4.

$$d = \sqrt{(Lat1 - Lat2)^2 + (Long1 - Long2)^2} \times 111,319 \quad (4)$$

Keterangan :

d : Jarak Jarak antara *receiver* dan pesawat (km)

Lat1 : *Latitude* kordinat *receiver*

Lat2 : *Latitude* kordinat target

Long1 : *Longitude* kordinat *receiver*

Long2 : *Longitude* kordinat target

2.5 Antena *Omnidirectional*

Antena *omnidirectional* yaitu jenis antena yang memiliki pola pancaran sinyal ke segala arah dengan daya sama. Untuk menghasilkan cakupan area yang luas, *gain* dari antena *omnidirectional* harus memfokuskan dayanya secara horizontal (mendatar) dengan mengabaikan pola pemancaran ke atas dan ke bawah, sehingga antena dapat diletakan di tengah-tengah *base station*. Antena ini mempunyai sudut pancaran yang besar (*wide beamwidth*) yaitu 360° dengan daya lebih meluas, jarak yang lebih pendek tetapi dapat melayani area yang luas. Antena *omnidirectional* mengirim atau menerima sinyal radio dari semua arah secara sama, antena *omnidirectional* biasanya digunakan untuk koneksi *multiple point* atau hotspot.

Antena ADS-B 1090 MHz merupakan jenis antena *omnidirectional* yang digunakan untuk *receiver* ADS-B, dimana *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.

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 [10]. Rumus perhitungan dari panjang gelombang dapat dicari dengan Persamaan 5.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (5)$$

Keterangan:

λ = panjang gelombang (m)

c = kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s) f = frekuensi (Hz)

2.6 *Low Noise Amplifier* (LNA)

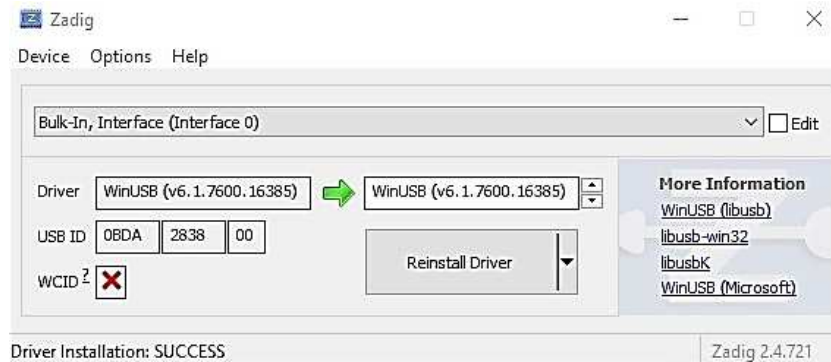
Low Noise Amplifier (LNA) merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk menekan noise yang terjadi pada proses penerimaan sinyal *microwave*. Pada aplikasinya LNA digunakan pada sistem komunikasi nirkabel, LNA harus mampu menerima sinyal yang sangat lemah dari pengirim dan harus mampu memperkuat sinyal tersebut sampai beberapa puluh 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, sementara noise LNA, dengan sendirinya disuntikkan langsung kedalam sinyal yang diterima. Oleh karena itu, perlu agar LNA untuk meningkatkan sinyal yang dikehendaki dengan menambah sedikit *noise* dan distorsi sedemikian mungkin

sehingga media sinyal ini menjadi mungkin dalam tahapan selanjutnya didalam sistem. Rangkaian ini mampu menambah tingkat sinyal selama penambahan rasio *signal-to-noise* (SNR) pada sinyal yang datang [11].

2.7 Software Zadig

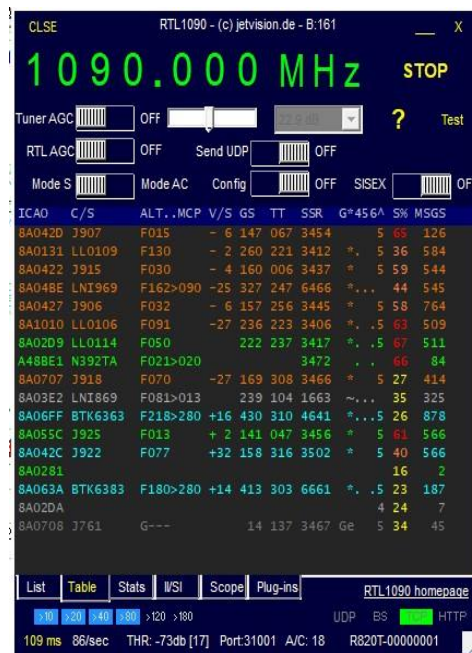
Software Zadig digunakan untuk *driver* pembacaan *input* USB dari RTL-SDR R820T2 pada sistem operasi windows yang digunakan pada komputer. Tampilan *software* Zadig seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan *Software* Zadig

2.8 Software RTL1090

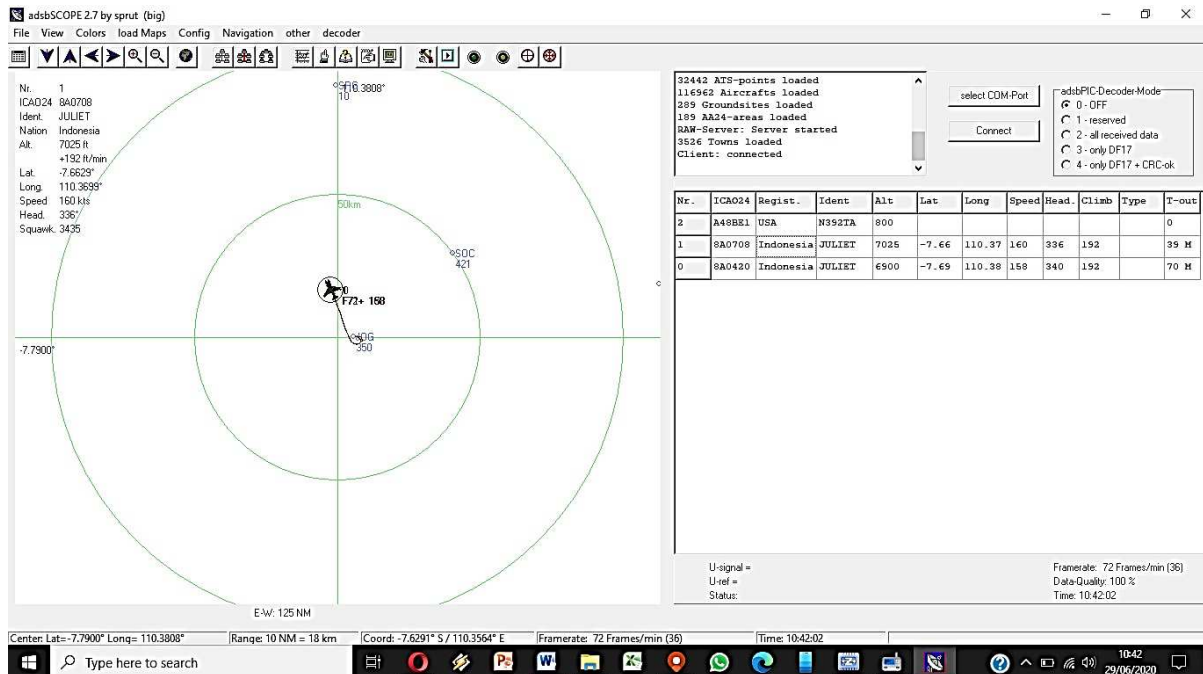
Software RTL1090 digunakan sebagai *software* yang akan menerjemahkan data yang telah diterima dari RTL-SDR R820T2. Data yang diterima akan ditampilkan seperti data Asterix, 24 bit ICAO Aircraft Address, *Callsignal Nationality*, *Ident* atau *Squawk*, *Altitude*, *Latitude*, *Longitude*, *Speed*, dan *Heading*. Pada *software* RTL1090 juga menampilkan posisi pesawat dalam bentuk *maps* namun tidak dalam bentuk *virtual* pesawat terbang [12]. Tampilan *software* RTL1090 seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan *Software* RTL1090 MHz

2.9 Software adsbSCOPE

Software adsbSCOPE digunakan sebagai software yang akan menampilkan secara *virtual maps* posisi pesawat terbang. Dalam aplikasi ini kita juga dapat mengetahui data data Asterix, 24 bit ICAO Aircraft Address, Callsignal Nationality, Ident atau Squawk, Altitude, Latitude, Longitude, Speed, dan Heading [13]. Pada software adsbSCOPE juga telah dilengkapi jarak (*range*) untuk mengetahui seberapa jauh pesawat terbang dari receiver ADS-B. Tampilan software adsbSCOPE seperti yang terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Software adsbSCOPE

3. Hasil dan Pembahasan

Pada rancang *receiver* ADS-B tanpa menggunakan *low noise amplifier* dengan menggunakan antena monopol biasa mampu menerima sinyal dan data parameter target sejauh 16 km pada *range software* adsbSCOPE dan 13,90 km secara perhitungan. Maka dengan penelitian ini, peneliti mencoba untuk merancang sebuah *receiver* ADS-B dengan penambahan *low noise amplifier* dan menggunakan antena ADS-B 1090 MHz.

3.1 Analisa Perhitungan Kriteria Antena

Penghitungan dimensi panjang dari antena antena *monopole* pada frekuensi kerja 1090 MHz dengan besar cepat rambat cahaya diruang hampa sebesar 3×10^8 dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 5.

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1,09 \times 10^9} = 0,275 \text{ m} \rightarrow 27,5 \text{ cm.}$$

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

$$l = \frac{\lambda}{4} \times 0,95 = \frac{0,275}{4} \times 0,95 = 0,0653 \text{ m} \rightarrow 65,3 \text{ cm.}$$

Gambar 10 merupakan antenna *omnidirectional* ADS-B 1090 MHz yang digunakan pada penelitian ini.



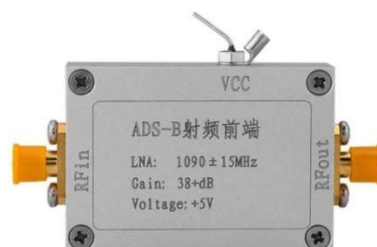
Gambar 10. Antena ADS-B 1090 MHz

3.2 Analisis *Low Noise Amplifier*

Spesifikasi *low noise amplifier* yang digunakan seperti pada Tabel 1. Pada Gambar 11 merupakan *low noise amplifier* yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Spesifikasi *Low Noise Amplifier*

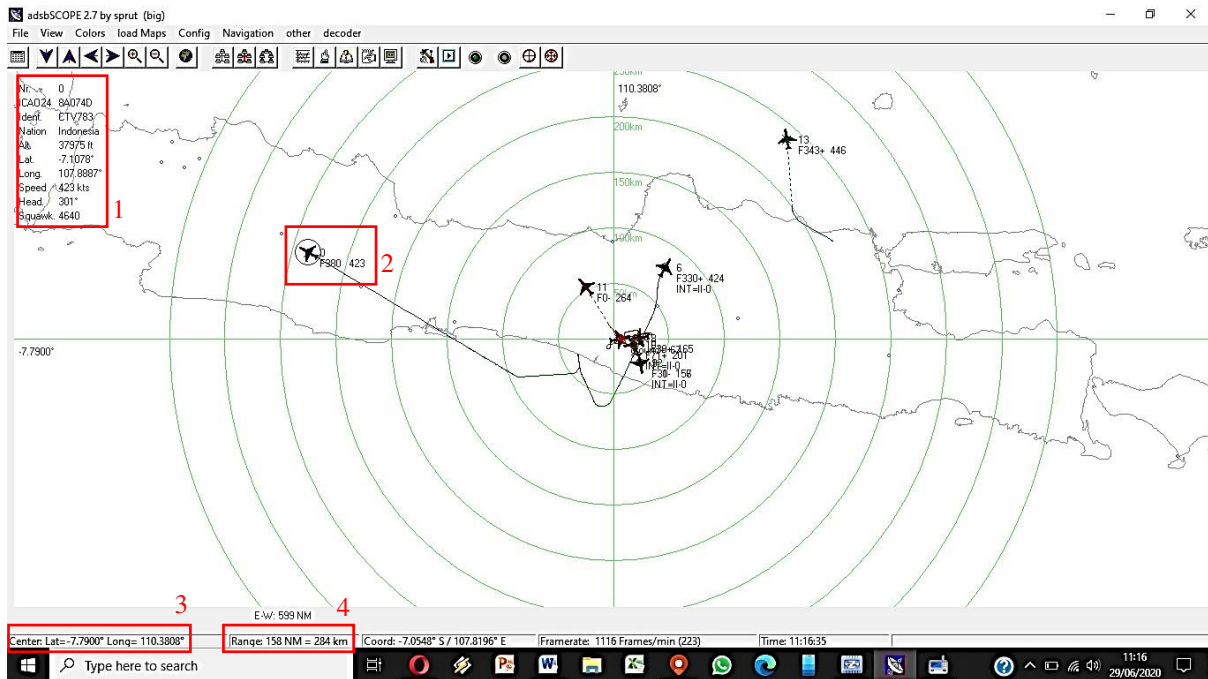
Parameter	Nilai
<i>Frekuensi</i>	1090 MHz
<i>Gain</i>	38 dB
<i>Voltage</i>	5 volt
<i>Connector</i>	SMA Female
<i>Cover</i>	Aluminium



Gambar 11. *Low Noise Amplifier*

3.3 Pengujian *Receiver*

Pada Gambar 12 merupakan hasil yang ditampilkan pada *software* adsbSCOPE dalam melakukan pengujian *receiver*.



Gambar 12. Hasil Tampilan pada *Software* adsbSCOPE

Dengan keterangan gambar sebagai berikut.

1. Menunjukkan posisi target pesawat terbang terjauh yang diterima *receiver*
2. Menunjukkan data parameter dari target pesawat terbang terjauh
3. Menunjukkan *range* antra target pesawat terjauh dengan posisi *receiver*
4. Menunjukkan posisi *latittude* dan *longitude* *receiver*

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 adsbSCOPE

Table of detected aircraft

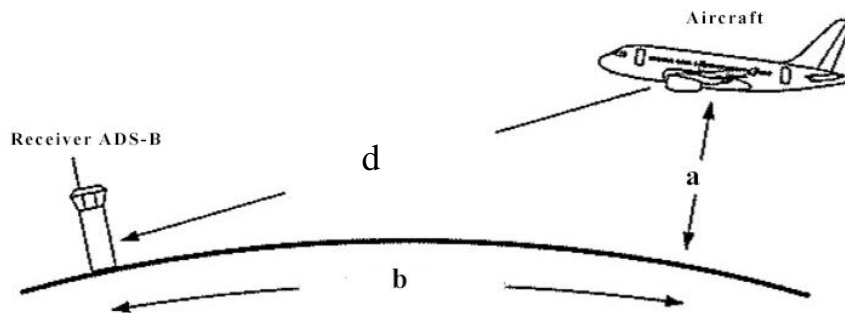
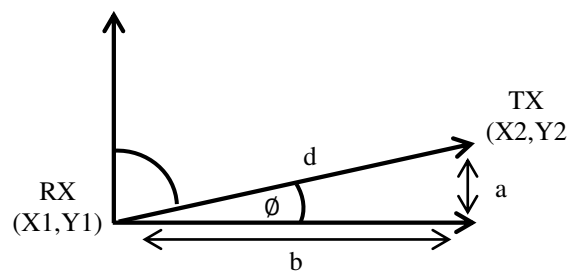
Nr.	ICAO24	Regist.	Ident	Nation	Alt	Lat	Long	Speed	Head	Climb	Type	Sub-Type	T-out	Squawk	Dist [km]	Direction	detected at	Interrogator	CPR-Quality
13	8A04A8	Indonesia	CTV420	Indonesia	28175	-6.6791°	111.8841°	446	395	1344			129 M	6302	13314	119	11:05:44		5
12	8A0560	Indonesia	GR0B	Indonesia	3000	-7.9931°	110.6030°	156	181	-64			0	3463	13232	120	11:05:07		5
10	8A100E	Indonesia	J829	Indonesia	7075	-7.6309°	110.5474°	200	274	192			0	3404	13222	120	11:03:03		5
9	8A042D	Indonesia	GR0B	Indonesia	3100	-7.9937°	110.6029°	158	179	-132			0	3454	13232	120	11:02:56		5
8	8A02DC	Indonesia	J918	Indonesia	3875	-7.7801°	110.5982°	165	270	2240			0	5535	13225	120	11:00:24		5
6	8A064E	Indonesia	CTV482	Indonesia	33000	-7.1849°	110.8140°	425	35	64			0	4641	13227	119	10:59:29		5
3	8A041F	Indonesia		Indonesia	2850			175	303	-1152			172 M				11:13:47		0
1	8A0709	Indonesia	J828	Indonesia	ground	-7.7905°	110.4261°	67	87	64			113 M	3501	13209	120	10:53:27		5
0	8A074D	Indonesia	CTV783	Indonesia	37975	-7.1078°	107.8897°	423	301				51 M	4640	12944	120	10:51:38		5

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

Tabel 3. Data *Latitude* dan *Longitude* Posisi *Receiver* ADS-B dan Rarget

<i>Receiver</i> ADS-B		Target	
<i>Latitude</i> (1) (X1)	<i>Longitude</i> (1) (Y1)	<i>Latitude</i> (2) (X2)	<i>Longitude</i> (2) (Y2)
-7.7900°	110.3808°	-7.1078°	107.8887°

Untuk nilai *latitude* dan *longitude* mutlak sehingga untuk positif dan negatif diabaikan. Sedangkan untuk mengetahui sudut *azimuth* digambarkan posisi *receiver* ADS-B dan target *aircraft* seperti pada Gambar 13. Sedangkan untuk menggambarkan sudut *azimuth* seperti Gambar 14.

Gambar 13. Ilustrasi Posisi *Receiver* ADS-B Terhadap *Aircraft*Gambar 14. Gambaran Posisi Sudut *Azimuth*

Untuk mendapatkan nilai *a*, nilai *latitude* stasiun pengirim dikurang nilai *latitude* stasiun penerima dengan menggunakan Persamaan (3).

$$a = X1 - X2 = 7,7900 - 71078 = 0,6822$$

Untuk mendapatkan nilai *b*, nilai *longitude* stasiun pengirim dikurang nilai *longitude* stasiun penerima dengan menggunakan Persamaan (3).

$$b = Y1 - Y2 = 110,3808 - 107,8887 = 2,4921$$

Sehingga untuk mencari besarnya sudut (\emptyset) dapat dicari dengan Persamaan (1).

$$\emptyset = \text{Arc tan}(a/b)$$

Maka :

$$\emptyset = \text{Arc tan}(0,6822/2,4921)$$

$$\emptyset = \text{Arc tan}(0,2737) \text{ (diambil 4 angka di belakang koma)}$$

$$\emptyset = 15,31^\circ$$

Sehingga hasil yang didapatkan untuk sudut *azimuth* antara *receiver* ADS-B dan target *aircraft* adalah sebesar $15,31^\circ$.

Untuk mengetahui berapa jarak target dengan *receiver* dapat dihitung dengan Persamaan (4).

$$d = \sqrt{(\text{Lat}1 - \text{Lat}2)^2 + (\text{Long}1 - \text{Long}2)^2} \times 111,319$$

Maka :

$$d = \sqrt{(7,7900 - 7,1078)^2 + (110,3808 - 110,8887)^2} \times 111,319$$

$$d = \sqrt{(0,6822)^2 + (0,4921)^2} \times 111,319$$

$$d = \sqrt{0,4654 + 6,2106} \times 111,319$$

$$d = \sqrt{6,676} \times 111,319$$

$$d = 2,5838 \times 111,319$$

$$d = 287,63 \text{ km}$$

Sehingga diketahui jarak *receiver* ADS-B dengan target pesawat terbang terjauh adalah 287,63 km sedangkan jarak *receiver* ADS-B dengan target pesawat terbang terendah berada pada *adsbSCOPE* berada pada *range* 284 km. Maka ada peningkatan performa penerimaan pada *receiver* ADS-B sebesar $\frac{287,63}{284} \times 100\% = 101,28\%$ dengan *prosentase* kesalahan dari perhitungan dan *range* pada *adsbSCOPE* adalah

$$\text{Prosentase Kesalahan} = 287,63 - 284 = 3,63$$

$$\text{Prosentase Kesalahan} = (3,63 \div 284) \times 100\%$$

$$\text{Prosentase Kesalahan} = 1,28\%$$

Dari pengujian dan perhitungan rancangan *receiver* ADS-B menggunakan LNA dengan antenna ADS-B 1090 MHz 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 (X1)	Longitude (Y1)	Latitude (X2)	Longitude (Y2)				
-7.7900	110.3808	-7.1078	107.8887	15,31°	284 Km	287,63 Km	1,28%

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan data nilai *latitude* dan *longitude* yang didapat dari *receiver* ADS-B pada *software* adsbSCOPE sehingga dapat menghitung dan menganalisa seberapa jauh jarak jangkauan *receiver* ADS-B dengan target pesawat terbang menggunakan *teorema Euclidean Distance*.
2. Rancang *receiver* ADS-B tanpa menggunakan *low noise amplifier* dengan menggunakan antena monopol biasa mampu menerima sinyal dan data parameter target sejauh 16 km pada *range software* adsbSCOPE dan 13,90 km secara perhitungan. Rancangan *receiver* ADS-B dengan menggunakan *low noise amplifier* dengan menggunakan antena ADS-B 1090 MHz mampu menerima sinyal dan data parameter target sejauh 284 km pada *range software* adsbSCOPE dan 287,63 km. Maka dengan penambahan *low noise amplifier* dan antena ADS-B 1090 MHz pada *receiver* dapat meningkatkan performa penerimaan jarak sebesar 2.069%.
3. Dengan penggunaan antena 1090 MHz dan *low noise amplifier* jarak jangkauan *receiver* dapat menerima sinyal dan data parameter ADS-B yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] Ma'ruf. Sistem Pengawasan Angkutan udara Perintis Berbasis ADS-B. Jakarta: *Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Perhubungan*. 2016: 227-228.
- [2] Seftiawan, D. (2016). Alat Navigasi Canggih Buatan Kemenristekdikti. *Pikiran Rakyat*. <https://www.pikiran-rakyat.com/pendidikan/pr-01269491/ads-b-alat-navigasi-canggih-buatan-kemenristekdikti-387223>. (diakses 20 desember 2019).
- [3] Nurhayati, Y., & Susanti, S. (2014). Implementasi Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) di Indonesia. *Warta Ardhia*, 40(3), 147-162.
- [4] Harjono, R. D. S., Oka, I. G. A. M., & Islam, H. D. B. (2018). 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*, 2(2), 35-42.
- [5] THALES. (2007). *Technical Manual ADSB Ground Station AS680/682 and RCMS*. Stuttgart.
- [6] Hanief Trihantoro (2008). [bolalangit-altaz](https://hanieftrihantoro.files.wordpress.com/2008/06/bolalangit-altaz.png). Wordpress <https://hanieftrihantoro.files.wordpress.com/2008/06/bolalangit-altaz.png> (diakses 28 Agustus 2020).
- [7] Kelaspintar. (2020) Ini Dia Rumus Cosinus untuk Menyelesaikan Soal Trigonometri Kamu. Kelaspintar <https://www.kelaspintar.id/blog/tips-pintar/ini-dia-rumus-cosinus-untuk-menyelesaikan-soal-trigonometri-kamu-4700/> (diakses 28 Agustus 2020).
- [8] Pamungkas, C. A. (2019). Aplikasi Penghitung Jarak Koordinat Berdasarkan Latitude dan Longitude dengan Metode Euclidean Distance dan Metode Haversine. *Jurnal Informa*, 5(2), 8-13.
- [9] Kiki, S, Supriyadin, Imam, S, Roy, B. (Maret 2018). Menghitung Rute Terpendek Menggunakan Algoritma A* Dengan Fungsi Euclidean Distance. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENTIKA)* (70-79).
- [10] Alaydrus, Mudrik. (2011). *Antena Prinsip & Aplikasi*. Graha Ilmu
- [11] Wibisono, G., Firmansyah, T., & Ma'arang, D. (2016). Perancangan LNA untuk Radar Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) Pada Frekuensi 1090 MHz dengan Multistub Matching. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika*

- telekomunikasi-komputer*, 1(1), 18-23.
- [12] Harianto, B. B. (2019). Studi Ekperimental Penerima ADS-B Menggunakan RTL 1090 dan RTL-SDR R820T2 di Bandara Juanda Surabaya. *Jurnal Penelitian*, 4(3), 20-28.
- [13] RTL-SDR.COM. (2013). RTL-SDR Tutorial: Cheap ADS-B Aircraft Radar. <https://www.rtl-sdr.com/tag/adsbscope/>. (diakses 25 Desember 2019)